

Universidade de Évora - Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano

Mestrado em Exercício e Saúde

Dissertação

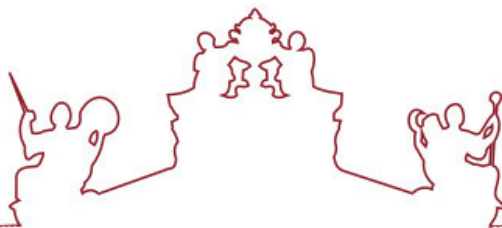
**Efeitos de um Programa de Reabilitação Cardíaca
comunitária na aptidão física, qualidade de vida, adesão em
doentes cardíacos de baixo risco.**

Miguel José de Almeida Domingos

Orientador(es) | Jorge Duarte Bravo
Armando Manuel Raimundo
Bruno Emanuel Nogueira Figueira

Évora 2026





Universidade de Évora - Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano

Mestrado em Exercício e Saúde

Dissertação

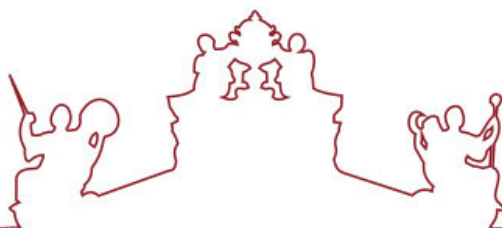
**Efeitos de um Programa de Reabilitação Cardíaca
comunitária na aptidão física, qualidade de vida, adesão em
doentes cardíacos de baixo risco.**

Miguel José de Almeida Domingos

Orientador(es) | Jorge Duarte Bravo
Armando Manuel Raimundo
Bruno Emanuel Nogueira Figueira

Évora 2026





A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Saúde e Desenvolvimento Humano:

Presidente | Pablo Tomas-Carus (Universidade de Évora)

Vogais | Jorge Duarte Bravo (Universidade de Évora) (Orientador)
Jose Alberto Parraca (Universidade de Évora) (Arguente)

Agradecimentos

A concretização desta dissertação não teria sido possível sem o apoio e contributo de várias pessoas às quais quero deixar o devido agradecimento.

Aos meus orientadores, Professor Jorge Bravo, Professor Armando Raimundo e Professor Bruno Figueira, um agradecimento pela disponibilidade e ajuda sempre que necessário ao longo do processo. Em particular, ao Professor Jorge Bravo, pelo apoio constante, pela partilha de conhecimento e pela motivação para procurar sempre mais e melhor.

À minha Mãe e à minha namorada, agradeço pela paciência, pelo apoio constante e pelo incentivo que nunca me deixou desistir em qualquer momento.

Quero agradecer aos participantes deste estudo, pelo tempo, confiança, boa disposição e empenho que sempre demonstraram. Foram fundamentais para a concretização deste estudo.

A todos os colegas, amigos e professores que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta etapa, deixo o meu sincero agradecimento.

Resumo

Título: Efeitos de um Programa de Reabilitação Cardíaca comunitária na aptidão física, qualidade de vida e adesão em doentes cardíacos de baixo risco.

Objetivo: Avaliar os efeitos de diferentes metodologias de treino em indicadores de saúde e qualidade do treino em pessoas com doença cardíaca de baixo risco, em contexto comunitário.

Metodologia: Foi aplicado um programa de reabilitação cardíaca na fase III, dividido em três fases com protocolos de treino distintos, que promoveram a introdução de estratégias de gamificação e interação social, tendo os participantes sido avaliados no início e no fim de cada fase (Tradicional, Integrada e Cooperativa). Foram controlados indicadores de saúde como a aptidão cardiorrespiratória, força muscular, composição corporal e qualidade de vida, qualidade do treino, a carga interna (impacto do treino - TRIMP), a distribuição da intensidade em zonas e a taxa de adesão. A frequência cardíaca foi monitorizada durante todas as sessões de treino de modo a garantir que a intensidade prescrita era seguida e conseguir perceber qual o impacto clínico que poderia causar.

Resultados: Observaram-se melhorias na aptidão cardiorrespiratória com um aumento no VO_2 máx estimado ao longo do programa ($p = 0,015$; $\eta^2_p = 0,433$), no domínio físico da qualidade de vida relacionada com a saúde ($p = 0,045$; $\eta^2_p = 0,708$) e na força muscular, em particular na força dos flexores do joelho ($p = 0,023$; $\eta^2_p = 0,409$). A composição corporal manteve-se estável, com um aumento não significativo da massa magra ($p = 0,307$). Ao longo das três fases verificou-se uma redistribuição da intensidade de treino, observando-se uma diminuição do tempo em zonas de baixa intensidade (Z1-Z2) e um aumento significativo do tempo em zonas de intensidade moderada a elevada (Z3-Z5), em particular na comparação entre a fase Integrada e a fase Tradicional ($p = 0,046$; $g_{av} = 0,788$). Esta redistribuição da intensidade revelou-se clinicamente relevante (efeitos médios e grandes), potenciando períodos de maior intensidade sem elevar a frequência cardíaca média das sessões (TRIMP médio: $p = 0,595$; $\eta^2_p = 0,083$), garantindo segurança no treino. A taxa de adesão revelou-se consistentemente elevada ao longo de todo o programa ($p = 0,014$; $\eta^2_p = 0,512$), com

a qualidade da monitorização da frequência cardíaca dos participantes a manter-se acima dos 95% em todas as fases.

Conclusão: A transição de modelos tradicionais para metodologias integradas e cooperativas permitiu uma redistribuição segura da intensidade de treino para zonas mais elevadas (Z3-Z5), sem aumentar o stress cardiovascular médio. Esta abordagem demonstrou ser eficaz na melhoria significativa da aptidão cardiorrespiratória e da qualidade de vida física, sugerindo que a densificação do esforço, quando monitorizada e gamificada, potencia ganhos clínicos e sustenta elevadas taxas de adesão em contexto comunitário.

Palavras-chave: Reabilitação cardíaca; Exercício Físico; Aptidão cardiorrespiratória; Qualidade de vida; Adesão;

Abstract

Title: Effects of a Community-Based Rehabilitation Program on physical Fitness, quality of life and adherence in low-risk cardiac patients.

Objective: To evaluate the effects of different training methodologies on health indicators and training quality in low-risk cardiac patients within a community-based program.

Methods: A phase III cardiac rehabilitation program was implemented and divided into three consecutive phases with distinct training protocols, incorporating gamification strategies and social interaction components. Participants were assessed at baseline and at the end of each phase (Traditional, Integrated, and Cooperative). Health-related outcomes included cardiorespiratory fitness, muscle strength, body composition, and health-related quality of life. Training quality was evaluated through internal training load (Training Impulse – TRIMP), heart rate–based intensity zone distribution, and adherence rate. Heart rate was continuously monitored during all training sessions to ensure compliance with prescribed intensity and to assess the potential clinical impact of the intervention.

Results: Significant improvements were observed in cardiorespiratory fitness, with an increase in estimated VO_2max throughout the program ($p = 0.015$; $\eta^2p = 0.433$), in the physical domain of health-related quality of life ($p = 0.045$; $\eta^2p = 0.708$), and in muscle strength, particularly knee flexor strength ($p = 0.023$; $\eta^2p = 0.409$). Body composition remained stable, with a non-significant increase in lean mass ($p = 0.307$). Across the three phases, a redistribution of training intensity was observed, characterized by a reduction in time spent in low-intensity zones (Z1–Z2) and a significant increase in time spent in moderate-to-high intensity zones (Z3–Z5), particularly when comparing the Integrated and Traditional phases ($p = 0.046$; $g_{av} = 0.788$). This redistribution was clinically meaningful (medium to large effects), allowing greater exposure to higher intensities without increasing mean session heart rate (mean TRIMP: $p = 0.595$; $\eta^2p = 0.083$), thereby ensuring training safety. Adherence remained consistently high throughout the program ($p = 0.014$; $\eta^2p = 0.512$), with heart rate monitoring quality exceeding 95% across all phases.

Conclusion: The transition from traditional training models to integrated and cooperative methodologies enabled a safe redistribution of training intensity toward higher zones (Z3–Z5) without increasing average cardiovascular stress. This approach proved effective in significantly improving cardiorespiratory fitness and physical health-related quality of life, demonstrating that effort densification, when properly monitored and gamified, enhances clinical outcomes and sustains high adherence rates in community-based cardiac rehabilitation programs.

Key-words: Cardiac rehabilitation; Physical exercise; Cardiorespiratory fitness; Quality of life; Adherence;

Índice

1.	Introdução	1
2.	Revisão de literatura	4
2.1.	Reabilitação Cardíaca: conceito, fases e impacto clínico	4
2.2.	Benefícios fisiológicos e psicossociais do exercício em doentes cardíacos .	6
2.3.	Aptidão cardiorrespiratória, força muscular e qualidade de vida relacionada à saúde na RC	7
2.4.	Monitorização da intensidade e carga interna em RC	8
2.5.	Gamificação e estratégias motivacionais na RC.....	9
2.6.	Adesão e sustentabilidade em contextos comunitários de RC	10
2.7.	Síntese final	11
3.	Metodologia.....	13
3.1.	Amostra	13
3.2.	CrITÉrios de Inclusão	13
3.3.	Procedimentos e Instrumentos de Avaliação	14
3.3.1.	Monitorização das Sessões	14
3.3.2.	Adesão ao Programa	15
3.4.	Descrição das Fases de Intervenção	16
3.5.	Caracterização do Treino em cada Fase	17
3.5.1.	Fase Tradicional.....	17
3.5.2.	Fase Integrada.....	18
3.5.3.	Fase Cooperativa	18
3.6.	Processamento e limpeza dos dados de frequência cardíaca.....	19
3.7.	Considerações Éticas	21
3.8.	Análise Estatística	22
4.	Resultados.....	25
5.	Discussão	57
5.1.	Composição Corporal.....	57
5.2.	Aptidão cardiorrespiratória.....	58

5.3.	Qualidade de Vida	59
5.4.	Força Muscular	60
5.5.	Carga de Treino	61
5.6.	Tempo em Zonas de Treino	63
5.7.	Adesão	64
5.8.	Implicações práticas	65
5.9.	Limitações do Estudo e Direções de Investigação	65
6.	Conclusão	67
7.	Bibliografia.....	68

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Características iniciais sociodemográficas, clínicas e funcionais de todos os participantes (n=9).....	25
Tabela 2 - Indicadores de saúde entre os diferentes momentos de avaliação (T1-T4)	27
Tabela 3 - Variação (Δ) dos valores dos indicadores de saúde dos participantes entre os diferentes momentos de avaliação (T1, T2, T3 e T4).....	31
Tabela 4 - Variação percentual ($\Delta\%$) dos valores dos indicadores de saúde dos participantes entre os diferentes momentos de avaliação (T1, T2, T3 e T4)	33
Tabela 5 - Comparações pareadas dos indicadores de saúde entre os quatro momentos (T1-T4).....	36
Tabela 6 - Indicadores de qualidade do treino entre as diferentes fases (Tradicional, Integrada e Cooperativa).....	43
Tabela 7 - Variação (Δ) dos valores dos indicadores da qualidade de treino dos participantes entre as diferentes fases do programa (Tradicional, Integrada, Cooperativa).....	46
Tabela 8 - Variação percentual ($\Delta\%$) dos valores dos indicadores da qualidade de treino dos participantes entre as diferentes fases do programa (Tradicional, Integrada, Cooperativa).....	48
Tabela 9 - Comparações pareadas dos indicadores da qualidade do treino entre as três fases (F1-F3)	50
Tabela 10 - Adesão ao programa por fase (Tradicional vs Integrada vs Cooperativa)	56

Índice de Figuras

Figura 1 – Comparação dos indicadores de saúde entre os quatro momentos (T1-T4).....	40
Figura 2 - Comparação dos indicadores da qualidade do treino entre as três fases (F1-F3).....	53

Índice de Abreviaturas

6MWT – Six Minutes Walk Test

CC – Composição Corporal

DCV – Doenças Cardiovasculares

DP – Desvio Padrão

FC – Frequência Cardíaca

FM – Força Muscular

IMC – Índice de Massa Corporal

PC – Perímetro de Cintura

QVRS – Qualidade de Vida Relacionada com a Saúde

RC – Reabilitação Cardíaca

TCM - Treino Contínuo de Intensidade Moderada

TIAI - Treino Intervalado de Alta Intensidade

TRIMP – Training Impulse

WHO - World Health Organization

1. Introdução

As doenças cardiovasculares (DCV) continuam a ser a principal causa de morte a nível mundial, sendo que em 2022 aconteceram cerca de 19,8 milhões de óbitos, correspondendo a aproximadamente um terço de todos os óbitos anuais (WHO, 2025). Segundo a Organização Mundial de Saúde (2025), este grupo de patologias inclui a doença coronária, reumatite cardíaca e outras que afetam o coração e os vasos sanguíneos, sendo o enfarte agudo do miocárdio e o acidente vascular cerebral as mais frequentes. Para além da mortalidade, as DCV representam uma das principais causas de incapacidade, contribuindo assim para uma significativa perda de anos de vida com qualidade (Martin et al., 2024). Contudo, a carga das DCV não se distribui de forma homogénea pelo mundo, variando de acordo com os contextos socioeconómicos e de saúde de cada região.

A evolução da carga global das DCV varia conforme o contexto de cada região. Em contextos de maior rendimento, é possível observar uma redução significativa da mortalidade cardiovascular, relacionada ao acesso mais fácil a cuidados de saúde, à implementação de políticas eficazes de prevenção e às inovações terapêuticas (Conrad et al., 2024). Por outro lado, muitos países de baixo e médio rendimento, acabam por enfrentar um aumento das DCV, impulsionado pela alimentação derivada de produtos ultraprocessados, pelo sedentarismo e pelas desigualdades no acesso a cuidados de saúde (Asefa et al., 2025). Neste sentido, compreender os fatores de risco que alimentam estas desigualdades é essencial para definir estratégias de prevenção eficazes.

Os principais fatores de risco modificáveis consistem na hipertensão arterial, colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade) elevado, hiperglicemia, obesidade, tabagismo, e inatividade física (Di Cesare et al., 2024). Segundo os autores Di Cesare et al (2024), alguns estudos comprovam que a hipertensão contribuiu diretamente para cerca de 10 milhões de mortes no ano de 2019, sendo considerada o fator de risco mais relevante a nível global. Outro tipo de fatores como é o caso da exposição à poluição atmosférica, agravam o risco cardiovascular, especialmente em áreas urbanas com densidade populacional mais elevada (World Heart Federation, 2023). Segundo Wang, Lei, et al., (2023), para além de todos os fatores de risco já referidos, ainda temos os fatores não tradicionais, sendo eles a microbiota intestinal, o défice de vitamina D e também a falta de exercício físico. Segundo a WHO (2025), existem diversas medidas

simples de prevenção e redução da incidência das DCV: cessação tabágica, redução do consumo de álcool, adoção de uma dieta rica em frutas e vegetais, limitação do consumo de sal e prática regular de atividade física. Recomenda também que os adultos realizem 150 a 300 minutos semanais de atividade física aeróbica de intensidade moderada, ou 75 a 150 minutos de atividade vigorosa, como estratégia de redução substancial do risco cardiovascular (WHO, 2025). Embora a redução dos fatores de risco seja eficaz na prevenção primária, muitos pacientes com DCV necessitam de abordagens específicas após eventos agudos ou tratamentos invasivos. Nesta perspetiva, a reabilitação cardíaca (RC) emerge como recurso essencial, não só para recuperar aptidão física e qualidade de vida, mas também como estratégia de prevenção secundária.

A RC consiste num conjunto de intervenções estruturadas e multidisciplinares que visam melhorar a saúde física, psicológica e social de pessoas com DCV, com o objetivo de reduzir a morbilidade e mortalidade promovendo a reintegração na vida ativa (Ambrosetti et al., 2021). O exercício físico sob supervisão profissional, está associado à melhoria da capacidade funcional, à redução do risco de novos eventos cardiovasculares e ao aumento da qualidade de vida global (Ambrosetti et al., 2021). Ainda são integradas estratégias de educação para a saúde, apoio psicossocial e gestão de fatores de risco, reforçando o carácter interdisciplinar. A implementação destas intervenções adquire particular relevância em contextos nacionais, como o de Portugal, onde persistem disparidades regionais no impacto e acesso aos cuidados (Viana et al., 2018).

Em Portugal, as DCV mantêm-se entre as principais causas de mortalidade, com valores particularmente elevados em regiões do interior e envelhecidas, como o Alentejo, onde as dificuldades de acesso a cuidados especializados podem agravar o impacto destas doenças (Andrade et al., 2018). Neste contexto, a fase comunitária da RC, adquire especial importância, pois permite garantir a continuidade dos cuidados após a alta hospitalar e facilita a integração dos doentes em programas próximos da sua residência. Modelos comunitários têm mostrado eficácia na promoção da adesão e na melhoria da qualidade de vida, reforçando a necessidade de investir em soluções descentralizadas e adaptadas à realidade local (Turk-Adawi et al., 2019).

Apesar da eficácia reconhecida da RC, a sua adesão continua baixa de uma maneira global e estima-se que apenas 34% dos doentes elegíveis acabam por participar efetivamente num programa de RC (Wang, Liu, et al., 2023). Já um estudo realizado

em Portugal demonstrou que doentes cardiovasculares não se inscreveram num programa de RC, sendo as principais razões a falta de encaminhamento médico (31%), comorbilidades (28%) e a distância geográfica (9%), (Alexandre et al., 2022). Estas barreiras presentes em múltiplos níveis do sistema de saúde, dos profissionais, da infraestrutura e do próprio paciente, dificultam a implementação e sustentabilidade da RC (Mueller & Kim, 2025). Face a este cenário, surgem estratégias inovadoras destinadas a melhorar a adesão, como é o caso da incorporação de elementos de gamificação e interatividade tecnológica. Estas abordagens tornam as sessões mais motivadoras, aumentam a consistência dos participantes e favorecem uma melhor adesão a longo prazo (Ma et al., 2025).

Este estudo reveste-se de particular relevância numa época em que se pretende otimizar os cuidados pós-hospitalares e promover a continuidade do autocuidado dos pacientes cardíacos. A implementação de estratégias de RC acessíveis, sustentáveis e adaptadas ao contexto comunitário pode contribuir não só para a melhoria clínica dos pacientes, mas também para a sustentabilidade do sistema de saúde. A originalidade deste trabalho reside na sua abordagem integrada, ao avaliar simultaneamente a aptidão cardiorrespiratória, a força muscular (FM), a qualidade de vida e a adesão dos participantes a um programa de RC na fase III, operado por uma equipa interdisciplinar. Esta abordagem poderá fornecer dados relevantes para a melhoria e expansão dos serviços de RC na comunidade.

Assim, o objetivo deste estudo consiste em avaliar os efeitos das diferentes fases de intervenção de um Programa de Reabilitação Cardíaca Integrada na aptidão cardiorrespiratória, força muscular, qualidade de vida relacionada com a saúde, e na taxa de adesão dos participantes.

2. Revisão de literatura

2.1. Reabilitação Cardíaca: conceito, fases e impacto clínico

As DCV mantêm-se como uma das principais causas de mortalidade a nível mundial, exigindo estratégias na sua prevenção. Para tal, o exercício físico devidamente planeado, tem como função crucial prevenir o aparecimento e reabilitar indivíduos que tenham desenvolvido alguma DCV. Esta ação tem como capacidade reduzir imensos fatores de risco associados a doenças cardíacas e melhorar a qualidade de vida dos pacientes, através de mudanças essencialmente no seu estilo de vida.

A origem das doenças cardíacas é multifatorial e resulta da interação entre fatores comportamentais (tabagismo, sedentarismo, padrões alimentares desfavoráveis), fatores clínicos (hipertensão, dislipidemia, diabetes), determinantes sociais (rendimentos escolaridade, acesso a cuidados), idade sexo e histórico familiar (Visseren et al., 2021).

Uma prevenção eficaz assenta numa adoção de bons comportamentos e controlo rigoroso dos fatores clínicos. Em termos de estilo de vida, destaca-se a cessação tabágica, a atividade física regular e uma alimentação saudável, bem como a qualidade do sono (Lloyd-Jones et al., 2022). As recomendações globais apontam para, no mínimo, 150–300 minutos por semana de exercício moderado ou 75–150 minutos por semana de exercício vigoroso, com treino de força pelo menos 2 dias por semana (Bull et al., 2020). A combinação destes comportamentos potencia os benefícios na redução do risco cardiovascular, reforçando a importância de uma abordagem integrada na promoção da saúde (Stamatakis et al., 2025).

Importa sublinhar como o exercício contribui para a prevenção de DCV por múltiplas vias: melhora o perfil lipídico (diminuir triglicéridos, melhora o colesterol HDL e em alguns contextos, reduz as LDL), otimiza o controlo glicémico (reduz valores de hemoglobina glicada, diminui a adiposidade abdominal e o perímetro da cintura (Khalafi et al., 2023). Independentemente do tipo de treino ou atividade realizada, o aumento da aptidão cardiorrespiratória, um dos principais indicadores de saúde, está fortemente associado a um menor risco de mortalidade total e cardiovascular, sendo considerada um marcador prognóstico robusto em prevenção e reabilitação (Kokkinos et al., 2023).

Com tudo isto, quando transitamos da prevenção para a RC, o exercício torna-se o núcleo da intervenção. Está comprovado que programas de RC, assentes em treino supervisionado e componentes educativos, reduzem eventos e hospitalizações e ainda melhoram a qualidade de vida (Dibben et al., 2023). A RC é muito importante para proporcionar qualidade aos restantes anos de vida das pessoas. Pode acontecer de diferentes formas mas os principais focos passam por recuperar todas as funcionalidades que se perderam após o evento cardíaco e reduzir hospitalizações e eventos futuros em doentes cardíacos (Dibben et al., 2023).

A RC, consiste num conjunto de procedimentos efetuados por uma equipa multidisciplinar focada em recuperar a condição física, psicológica e social dos pacientes. É feito um acompanhamento a longo prazo, pois pretende-se que os pacientes adquiram mudanças no seu estilo de vida, de modo a prevenirem futuros acontecimentos. Todo o processo de RC é dividido nas seguintes três fases:

- Fase I (Fase de Internamento) - Recuperação da autonomia em contexto hospitalar, imediatamente após o evento, garantindo as melhores condições para a reabilitação.
- Fase II (Ambulatória Supervisionada) – Dura aproximadamente três meses e trata-se de uma fase supervisionada por profissionais especializados em RC e com equipas compostas por cardiologistas e fisiologistas. O exercício físico é incluído com a devida intensidade que é sempre monitorizada durante as sessões. Os pacientes ainda são instruídos no sentido de modificar o seu estilo de vida para uma versão mais saudável.
- Fase III (Manutenção) – Nesta fase visa-se consolidar os hábitos adquiridos e a autogestão do paciente com atualizações periódicas. Pretende-se melhorar a aptidão física geral, podendo os treinos ser realizados em qualquer lugar, desde que se controle a intensidade dos mesmos.

Os programas de RC em fase III, podem ser realizados em diferentes locais, como Centros Especializados em Reabilitação Cardíaca, e cada vez mais também no domicílio dos pacientes. Nos centros especializados é possível maximizar a segurança, uma vez que a gestão da intensidade das sessões é feita por uma equipa multidisciplinar, mas podem existir barreiras como horários e deslocações. Os modelos *home-based* facilitam a acessibilidade e conveniência e quando há uma monitorização planeada juntamente com protocolos de segurança, os resultados clínicos são

comparáveis aos modelos mais comuns e têm um menor custo. A única desvantagem consiste no fator motivacional, uma vez que o paciente se encontra à distância e pode não ter tanto compromisso com os protocolos definidos. O formato híbrido consegue combinar a flexibilidade de treinar ao domicílio com supervisão e avaliações recorrentes (Batalik et al., 2023).

2.2. Benefícios fisiológicos e psicossociais do exercício em doentes cardíacos

O exercício físico trata-se do elemento central dos programas de RC, promovendo adaptações fisiológicas essenciais para a recuperação da capacidade cardiovascular. A sua prática regular está associada a melhorias no débito cardíaco, na função endotelial, na eficiência ventilatória e no metabolismo, traduzindo-se em aumentos consistentes da aptidão cardiorrespiratória (Mitchell et al., 2019). Paralelamente, a participação em RC está associada ao aumento dos níveis de atividade física diária e à redução do comportamento sedentário, fatores determinantes na modificação do risco cardiovascular (Meiring et al., 2020).

Os benefícios do exercício não se limitam à dimensão fisiológica. A RC exerce um impacto significativo ao nível psicossocial, contribuindo para a redução de sintomas de ansiedade e depressão, para o aumento da autoeficácia e para a melhoria da perceção do controlo sobre a saúde (Anderson et al., 2016). O suporte profissional, a estruturação das sessões e a interação social inerente aos programas de RC favorecem o envolvimento e a adesão, aspetos particularmente relevantes após um evento cardíaco, período frequentemente marcado por medo do esforço e insegurança geral. Uma revisão sistemática demonstra que modelos inovadores de RC, incluindo programas comunitários, híbridos e digitais, são capazes de produzir benefícios fisiológicos e psicossociais semelhantes aos modelos tradicionais, ampliando o acesso sem comprometer a segurança dos pacientes (Rawstorn et al., 2016). Estes formatos assumem especial importância em populações com restrições geográficas, profissionais ou socioeconómicas.

2.3. Aptidão cardiorrespiratória, força muscular e qualidade de vida relacionada à saúde na RC

A aptidão cardiorrespiratória é um dos principais determinantes prognósticos em indivíduos com doença cardiovascular. Kokkinos et al., (2023), demonstra que aumentos modestos do VO_2 máx estão associados a reduções clinicamente relevantes da mortalidade total e cardiovascular. Assim, a melhoria desta capacidade constitui um objetivo central da RC.

A força muscular representa igualmente uma componente essencial da capacidade funcional, influenciando a autonomia, a mobilidade e a realização das atividades da vida diária. Programas de RC que integram treino de força demonstram melhorias na massa e força muscular, na sensibilidade à insulina e na composição corporal (CC), contribuindo para uma recuperação mais abrangente (Kirkman et al., 2022).

Os ganhos nestas dimensões dependem, em grande medida, da tipologia de treino utilizada. As modalidades mais comuns em RC são o Treino Contínuo de Intensidade Moderada (TCM) e o Treino Intervalado de Alta Intensidade (TIAI). O TIAI caracteriza-se por períodos de exercício a intensidades elevadas, intercalados com recuperação ativa, estando associado a ganhos superiores de VO_2 máx e a melhorias da eficiência cardiovascular quando aplicado em doentes clinicamente estáveis e sob supervisão adequada (Dun et al., 2019). O TCM, por sua vez, permanece a abordagem mais utilizada, sendo mais tolerável para a maioria dos doentes e eficaz na melhoria da capacidade funcional, da pressão arterial e do perfil cardiometabólico (Hansen et al., 2022).

Para além das adaptações fisiológicas objetivas, a qualidade de vida relacionada com a saúde (QVRS) constitui um dos principais desfechos clínicos da RC. A participação em programas bem estruturados está consistentemente associada a melhorias significativas da QVRS percebida pelos doentes, observadas tanto nos domínios físicos como emocionais, independentemente da modalidade de exercício utilizada (Dibben et al., 2023). Estes ganhos resultam não apenas das melhorias funcionais, mas também do aumento da confiança no esforço, da perceção de autonomia e do suporte social proporcionado pelos programas de RC (Sagar et al., 2015).

2.4. Monitorização da intensidade e carga interna em RC

A monitorização da intensidade do exercício é determinante para assegurar a segurança clínica e a eficácia do estímulo fisiológico, particularmente em contextos comunitários e em fases avançadas da RC (ESC, 2020; AACVPR, 2021). A elevada variabilidade interindividual da resposta ao exercício em populações cardíacas torna necessária a utilização de métricas objetivas que permitam ajustar a prescrição de forma individualizada (Hansen et al., 2022).

Neste enquadramento, o conceito de carga interna assume particular relevância, por refletir a resposta fisiológica global do organismo ao estímulo de treino, integrando intensidade, duração e resposta individual. Ao contrário da carga externa, a carga interna permite uma avaliação mais precisa do esforço imposto ao sistema cardiovascular, sendo especialmente útil neste tipo de populações (Borresen & Ian Lambert, 2009; Impellizzeri et al., 2019). O Training Impulse (TRIMP), nos modelos de Banister, (1991) e Edwards, (1993), é uma das ferramentas mais utilizadas para quantificar a carga interna. O modelo de Edwards baseia-se na distribuição do tempo passado em diferentes zonas de frequência cardíaca (FC), às quais são atribuídos fatores de ponderação crescentes de acordo com a intensidade relativa do esforço. Esta abordagem permite integrar duração e intensidade numa única métrica, sendo amplamente utilizada em investigação e prática clínica em RC devido à sua simplicidade e aplicabilidade em contexto real (Brown et al., 2024).

A análise das zonas de intensidade é fundamental para interpretar o estímulo fisiológico imposto pelo treino. De forma geral, as zonas de menor intensidade (Z1–Z2) estão associadas ao desenvolvimento da base aeróbia e à recuperação ativa. Já as zonas intermédias (Z3) relacionam-se com estímulos próximos do limiar ventilatório, promovendo melhorias na tolerância ao esforço. Por fim, as zonas de maior intensidade (Z4–Z5), quando aplicadas de forma progressiva e controlada, estão associadas a ganhos superiores de aptidão cardiorrespiratória e eficiência cardiovascular (Kokkinos et al., 2023).

A evidência mais recente indica que a exposição controlada a intensidades moderadas e elevadas é segura em doentes cardíacos clinicamente estáveis. Revisões sistemáticas demonstram que, em RC fase III, a redistribuição da intensidade do treino pode potenciar adaptações cardiorrespiratórias relevantes sem aumento significativo do risco de eventos adversos (Wewege et al., 2018).

As diretrizes atuais da *European Society of Cardiology* (ESC), da *American Heart Association* (AHA) e da *American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation* (AACVPR) reforçam a importância da monitorização objetiva da intensidade, recomendando o uso combinado do controlo da FC, da perceção subjetiva de esforço e de métricas de carga interna para orientar a prescrição do exercício, particularmente em modelos comunitários e híbridos (Brown et al., 2024; Visseren et al., 2021).

Neste contexto, a análise da distribuição da intensidade, do tempo passado em cada zona de FC e da carga interna acumulada (TRIMP) assumem um papel central, permitindo caracterizar o estímulo fisiológico imposto ao longo do programa e compreender a relevância clínica da redistribuição de intensidades observada nos resultados.

2.5. Gamificação e estratégias motivacionais na RC

A gamificação, entendida como a aplicação de elementos de design de jogos em contextos não lúdicos, tem emergido como uma estratégia relevante para aumentar a motivação, o envolvimento e a adesão em programas de exercício e saúde (Cugelman, 2013). No contexto da RC, esta abordagem ganha particular importância devido à dificuldade em manter a participação consistente dos doentes, sobretudo em fases de manutenção e em contextos comunitários.

Após um evento cardíaco, muitos doentes apresentam medo do esforço, baixo empenho e redução da motivação intrínseca, fatores que condicionam a adesão ao exercício. Estratégias motivacionais centradas exclusivamente na prescrição do treino podem ser insuficientes para ultrapassar estas barreiras. A gamificação procura responder a este desafio através da introdução de objetivos progressivos, feedback em tempo real, sistemas de pontos ou metas, níveis de progressão e desafios estruturados, promovendo maior envolvimento cognitivo e emocional com o programa.

Estudos recentes têm aplicado diferentes formas de gamificação em programas de exercício e RC, nomeadamente através de aplicações digitais com feedback personalizado, desafios semanais, sistemas de recompensas simbólicas e visualização do progresso. Estas abordagens têm sido associadas a aumentos na frequência de sessões, maior tempo total de prática e melhorias na perceção de prazer e autoeficácia, sem aumento da incidência de eventos adversos (Ansari et al., 2025). Em programas

de RC em formato digital ou híbrido, a integração de metas individualizadas e feedback contínuo mostrou-se eficaz para manter o envolvimento a médio prazo (Harbi et al., 2024).

Para além dos elementos individuais, a literatura destaca o papel da gamificação social, que incorpora componentes de cooperação, desafios coletivos e partilha de objetivos. Estudos indicam que dinâmicas cooperativas reforçam o sentimento de pertença, contribuindo para maior adesão e continuidade da prática de exercício em populações clínicas (Jacobsson et al., 2024). Em RC, estas estratégias revelam-se particularmente relevantes em contextos comunitários, onde a interação social pode compensar a menor supervisão clínica direta. As diretrizes mais recentes reconhecem a necessidade de modernizar os programas de RC, incentivando a integração de estratégias inovadoras que promovam motivação, envolvimento e sustentabilidade, especialmente em modelos comunitários e híbridos (Brown et al., 2024; Visseren et al., 2021).

Neste enquadramento, a utilização de estratégias gamificadas, particularmente aquelas que combinam feedback, progressão e interação social, encontra suporte científico crescente e constitui uma abordagem promissora para melhorar a adesão e a eficácia dos programas de RC.

2.6. Adesão e sustentabilidade em contextos comunitários de RC

Apesar da eficácia amplamente demonstrada da RC, a baixa adesão e a reduzida continuidade a médio e longo prazo continuam a ser reconhecidas como uma das principais limitações destes programas. Estima-se que uma proporção significativa dos doentes elegíveis não inicia a RC ou abandona precocemente, comprometendo os potenciais benefícios clínicos da intervenção (Ruano-Ravina et al., 2016).

A literatura identifica múltiplos fatores que explicam esta baixa adesão, incluindo barreiras individuais (baixa literacia em saúde, medo do esforço, ansiedade ou depressão, baixa motivação), clínicas (comorbilidades, sintomas persistentes), logísticas (distância, transporte, custos, horários) e organizacionais (referenciação tardia, contacto limitado com a equipa de saúde). Em modelos domiciliários ou remotos, acrescem ainda barreiras relacionadas com o acesso e a literacia digital (Turk-Adawi et al., 2021).

Neste contexto, os modelos comunitários de RC têm vindo a ganhar relevância como uma estratégia para ultrapassar algumas destas limitações. A maior proximidade geográfica, a flexibilidade de horários, a redução de custos e a integração do exercício no contexto habitual dos participantes contribuem para melhorar a acessibilidade e a participação. Evidência recente demonstra que, quando devidamente estruturados e acompanhados por estratégias de monitorização e suporte, os programas comunitários apresentam resultados clínicos comparáveis aos modelos tradicionais centro-baseados (Batalik et al., 2021).

A motivação, o suporte social e o prazer associado ao exercício emergem como determinantes centrais da adesão e da sustentabilidade da RC. Estudos indicam que intervenções que promovem interação social, sentimento de pertença ao grupo e objetivos partilhados estão associadas a maior frequência de participação e menor taxa de abandono, sendo a motivação e o apoio percebido preditores significativos de adesão ao exercício em contexto de RC (Yang et al., 2024).

As *guidelines* mais recentes da ESC, AHA e AACVPR sublinham a necessidade de modernizar os programas de RC, recomendando a adoção de modelos flexíveis, híbridos e comunitários, que integrem monitorização da intensidade, educação contínua e estratégias motivacionais, de forma a melhorar a adesão e garantir a sustentabilidade da prática de exercício ao longo do tempo (Brown et al., 2024; Visseren et al., 2021).

Assim, a implementação de programas comunitários inovadores, que combinem prescrição individualizada, monitorização adequada e estratégias motivacionais, constitui uma abordagem promissora para aumentar a adesão e prolongar os benefícios da RC.

2.7. Síntese final

A literatura científica mais recente demonstra de forma consistente que a RC é uma intervenção eficaz na redução de eventos e hospitalizações, bem como na melhoria de diversos indicadores de saúde. No entanto, os benefícios da RC dependem fortemente da adesão, da progressão adequada do estímulo e da manutenção da prática ao longo do tempo, especialmente na fase III, caracterizada por maior autonomia do doente e menor supervisão direta.

Apesar da expansão de modelos comunitários, domiciliários e híbridos, a literatura evidencia que a adesão e a continuidade permanecem desafios centrais, influenciados por barreiras individuais, clínicas, logísticas e organizacionais. Paralelamente, embora as diretrizes internacionais reforcem a importância da monitorização da intensidade e da carga interna do treino, muitos estudos em contexto real descrevem de forma limitada como o estímulo é efetivamente distribuído ao longo das sessões, dificultando a interpretação dos mecanismos subjacentes aos resultados observados, sobretudo em programas comunitários.

Adicionalmente, estratégias inovadoras, como a integração de componentes motivacionais, gamificação e interação social, têm mostrado potencial para melhorar o envolvimento e a sustentabilidade da RC. Contudo, persiste uma lacuna na literatura relativamente à avaliação integrada de resultados fisiológicos, psicossociais, indicadores de adesão e caracterização detalhada da intensidade do treino, particularmente em programas de RC fase III implementados em contextos comunitários com recursos limitados.

Face a este enquadramento, o presente estudo procura contribuir para a literatura ao avaliar um Programa de Reabilitação Cardíaca Integrada em fase III, desenvolvido em contexto comunitário, analisando de forma conjunta os seus efeitos em variáveis clínicas e comportamentais, bem como a organização do estímulo de treino ao longo das diferentes fases de intervenção.

Deste modo, o estudo teve como objetivo geral avaliar os efeitos do programa nas dimensões física, funcional e psicossocial dos participantes. Como objetivos específicos, pretendeu-se:

- Analisar as alterações na aptidão cardiorrespiratória, força muscular e QVRS;
- Caracterizar a distribuição da intensidade do treino e a carga interna através de métricas como zonas de FC e TRIMP;
- Avaliar a adesão e o envolvimento dos participantes ao longo das diferentes fases do programa.

Assim, este trabalho procura responder a lacunas identificadas na literatura, fornecendo evidência aplicada sobre a eficácia, segurança e sustentabilidade de modelos comunitários inovadores de RC fase III.

3. Metodologia

3.1. Amostra

O presente estudo assume um desenho experimental longitudinal, inserido no âmbito de um Programa de Reabilitação Cardíaca Interdisciplinar Integrada. A amostra foi constituída por nove participantes cardíacos, todos provenientes da fase II de RC do Hospital do Espírito Santo de Évora (HESE), que transitaram para a fase comunitária (fase III). Ao longo do programa, os participantes foram submetidos a diferentes fases de intervenção (tradicional, integrada e cooperativa), permitindo a recolha de dados em quatro momentos de avaliação: T1 (baseline); T2 (pós Fase Tradicional); T3 (pós Fase Integrada); T4 (pós Fase Cooperativa).

A opção por acompanhar os mesmos participantes em diferentes fases de intervenção reforça a validade interna do estudo, ao reduzir a heterogeneidade interindividual e possibilitar a análise mais precisa do impacto de cada componente do programa sobre a aptidão cardiorrespiratória, força muscular, qualidade de vida e adesão. Apesar da dimensão reduzida da amostra, este desenho permite identificar tendências relevantes e clinicamente significativas, valorizando as implicações práticas das alterações observadas, que podem contribuir para a otimização de estratégias de RC em contexto comunitário.

3.2. Critérios de Inclusão

Relativamente aos critérios de inclusão para participar no estudo, foram tidos em conta os seguintes fatores:

- Idade igual ou superior a 18 anos, e igual ou inferior a 80 anos;
- Baixo risco para a prática de exercício;
- Ter doença coronária estabilizada;
- Ter sofrido enfarte agudo do miocárdio;
- Ter sido submetido a angioplastia coronária;
- Ter sido submetido a cirurgia cardíaca (revascularização coronária ou válvula);
- Classe I-III de insuficiência cardíaca crónica estabilizada segundo os critérios da

New York Heart Association;

- Aceitar uma participação voluntária (consentimento informado);

3.3. Procedimentos e Instrumentos de Avaliação

Antes de iniciarem o programa, os participantes foram estratificados relativamente ao grau de risco pelos médicos cardiologistas, onde foram submetidos a uma anamnese, um exame físico e uma prova de esforço. Para além disso, foram avaliados os seguintes indicadores:

- Sociodemográficas: Sexo e Idade.
- Composição Corporal: Peso (kg), Altura (cm), IMC (kg/m²), Massa gorda corporal (g) e Massa magra corporal (g), através do DEXA de acordo com os procedimentos recomendados pela *International Society for Clinical Densitometry*
- Aptidão cardiorrespiratória - VO₂máx: Avaliada com o *6 Minute Walk Test* (6MWT), calculado através da equação de (Ross et al., 2010):
$$VO_{2máx} \text{ (mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}) = 0,03 \times 6MWD \text{ (m)} + 3,98$$
- Força muscular: Avaliada com o dinamómetro isocinético BioDex utilizando o protocolo de teste Biodex, fornecendo métricas como o pico de torque, o trabalho total e a taxa de resistência.
- Impacto na qualidade de vida relacionada com a saúde (QVRS): Avaliada através dos questionários, HeartQOL (domínios total, físico e emocional, 0-3, valores mais altos indicam melhor QVRS) e EQ-5D Index (reportado a 3 casas decimais) e EQ-5D (VAS 0-100).

3.3.1. Monitorização das Sessões

A FC foi monitorizada e registada continuamente através de bandas de FC da marca Polar e Movesense, durante o aquecimento, parte principal e retorno à calma. A FC era acessível a cada segundo tanto para o fisiologista responsável como para os participantes, através do software He@rtFit (Saias & Bravo, 2024). A utilização deste software permitiu ter alertas personalizados sempre que um participante saía da zona alvo prescrita, possibilitando ajustar a carga de treino no imediato. Todos os dados eram guardados posteriormente para análise assegurando rastreabilidade da sessão e suporte à decisão clínica.

As zonas alvo de cada participante foram definidas com base nas provas de esforço realizadas anteriormente no Hospital Espírito Santo em Évora.

Relativamente à carga interna do exercício, *Training Impulse* (TRIMP), foi quantificada através do método por zonas de Edwards (1993), que pondera o tempo acumulado em zonas pré-definidas de %FCmáx. Neste método é atribuído um peso (1–5) ao tempo acumulado em cinco zonas de FC definidas como percentagens de FCmáx. A carga é a soma do tempo (min) em cada zona multiplicado pelo seu peso:

- 50–60% FCmáx → peso 1
- 60–70% FCmáx → peso 2
- 70–80% FCmáx → peso 3
- 80–90% FCmáx → peso 4
- 90–100% FCmáx → peso 5

$$\text{TRIMP} = \sum_{z=1}^5 (t_{z,\text{min}} \times w_z)$$

Para cada fase do programa foi calculado o TRIMP médio por sessão assim como o TRIMP total acumulado por fase. A juntar a esta vertente ainda foram agregados os dados de FC média durante a parte principal das sessões e a percentagem de tempo passado em Z1-Z5 e em zona alvo.

3.3.2. Adesão ao Programa

A adesão foi quantificada a partir dos registos de FC e metadados das sessões. Cada sessão validada constituiu uma unidade de participação efetiva, após limpeza e filtragem dos dados (remoção de artefactos, interpolação limitada e suavização). As sessões foram agregadas por semana de intervenção e por fase (Tradicional, Integrada e Cooperativa).

Derivaram-se três métricas principais por participante/semana/fase: número de sessões realizadas (registo de FC válido e duração mínima de 20 min); duração total de exercício (soma em minutos entre o primeiro e o último segundo válidos); qualidade do registo (% de dados válidos). Definiram-se duas amostras: *strict* (sessões com pelo menos 80% de dados válidos) e *full* (todas as sessões), permitindo maior nível de fiabilidade dos dados. Obtiveram-se ainda indicadores agregados por semana (média

de sessões/semana, duração média semanal e qualidade média do registo) e por fase (média de sessões totais, duração acumulada e percentagem de participação). A taxa global de adesão foi expressa como a proporção de sessões realizadas e o número total de sessões previstas. Esta operacionalização combina frequência, duração e qualidade do registo, permitindo uma avaliação objetiva e robusta da exposição ao programa.

3.4. Descrição das Fases de Intervenção

O programa foi organizado em três fases sequenciais, cada uma com oito semanas e duas sessões semanais, à terça-feira e quinta-feira, com uma duração de 60 minutos, separadas por períodos de *washout* de cinco semanas para minimizar efeitos providenciados por fases anteriores e estabilizar adaptações. A calendarização foi a seguinte: Fase Tradicional (outubro–dezembro de 2024), Fase Integrada (janeiro–abril de 2025) e Fase Cooperativa (abril–junho de 2025).

A fase Tradicional corresponde a uma estrutura de sessão clássica de reabilitação, com foco na resistência cardiovascular, FM, funcionalidade e mobilidade através de exercícios de baixa complexidade. A intensidade foi prescrita pelo corpo clínico com base na prova de esforço e controlada pela FC individual, constituindo um período de adaptação estrutural e funcional em continuidade com o trabalho realizado na fase II (Serviço de Medicina Física e Reabilitação do HESE). Esta etapa visou consolidar técnica, tolerância ao esforço e hábitos de treino seguros antes da progressão das seguintes fases.

Na segunda fase, denominada de fase Integrada, manteve-se a lógica interdisciplinar, introduzindo-se maior variedade de exercícios, incluindo movimentos de força resistente, agora enquadrados numa estrutura gamificada destinada a aumentar o envolvimento e a motivação. A gamificação materializou-se em atividades lúdicas e colaborativas, como a monitorização do tempo em zonas-alvo individuais de FC e desafios de equipa, em pequenos grupos, preservando a segurança da intensidade. Esperou-se que a variação da tipologia de sessão aliada a elementos lúdicos e competitivos reforçasse o prazer, a adesão e a motivação geral para a prática regular, sem comprometer o controlo da carga.

Na fase final, denominada de cooperativa, assentou numa estrutura de intervenção avançada, centrada na interatividade e no trabalho em equipa. Para além dos exercícios de força resistente e de componente cardiovascular, foram adicionados pequenos jogos

pré-desportivos em equipas. A natureza interativa das sessões, combinada com tarefas colaborativas que estimulam apoio mútuo e autorregulação, procurou aprofundar o compromisso com o programa e elevar a autoconsciência durante o exercício, favorecendo a manutenção de tempo útil em zonas alvo mais elevadas quando clinicamente apropriado.

Adicionalmente, foram recolhidas medidas de esforço percebido (Borg, 1982) e satisfação através da Escala de Prazer da Atividade Física (Mullen et al., 2011). A segurança foi garantida pelo acesso a serviços médicos de emergência durante todas as sessões, sendo verificada a ausência de sinais ou sintomas anormais antes do início de cada treino e confirmada a disponibilidade de medicação de emergência em caso de necessidade.

3.5. Caracterização do Treino em cada Fase

As sessões seguiram uma estrutura padrão com aquecimento de 5 a 10 minutos, focado em aproximar os participantes das suas zonas alvo previamente estabelecidas. A tipologia do exercício variava conforme o objetivo principal da sessão. No caso de uma sessão focada em força, seria feito um trabalho de mobilidade específico, porém numa sessão com maior foco na parte cardiovascular, eram realizados os exercícios propostos para cada sessão, no entanto, numa intensidade mais baixa. De seguida, a parte principal consistia em 30 a 40 minutos de treino de força ou resistência cardiovascular conforme o estipulado para cada sessão. Por fim, era realizado um retorno à calma de 10 a 15 minutos, com o objetivo de reduzir a FC dos utentes para valores abaixo da sua zona alvo. Neste retorno, de um modo geral, eram realizados alongamentos para os principais grupos musculares trabalhados na sessão ou mesmo alguns exercícios respiratórios. Em todas as sessões as frequências cardíacas foram controladas a tempo inteiro para garantir a eficácia das sessões segundo os objetivos específicos das mesmas.

3.5.1. Fase Tradicional

Ocorreram 22 sessões no total distribuídas ao longo dos meses de outubro, novembro e dezembro de 2024. A primeira sessão da semana à terça-feira, teve como estrutura base um circuito de força resistente com o peso do corpo, bandas de resistência e pesos livres, priorizando os principais grupos musculares e respeitando a

intensidade prescrita para a zona alvo. Os circuitos eram compostos por 45 segundos de exercício seguidos de 30 segundos de descanso, totalizando 5 exercícios e 3 voltas ao todo. Foram realizados exercícios como: agachamentos, remadas, flexões, extensão de gêmeos, flexão e extensão do cotovelo, core, entre outros. Conforme fossem geradas novas adaptações, eram aumentados os tempos de trabalho ou diminuídos os tempos de descanso em cada circuito. Por outro lado, também era aumentada a dificuldade do exercício em si quando esta era bem tolerada. Já na sessão de quinta-feira, após o aquecimento seguiram-se cerca de 30 minutos contínuos de exercício aeróbico mantendo a FC dentro da zona alvo, alternando entre diferentes máquinas como passadeira, remo, cicloergómetro e ergómetro de braços.

3.5.2. Fase Integrada

Ocorreram 23 sessões no total distribuídas ao longo dos meses de janeiro, fevereiro, março e início de abril de 2025. A estrutura de treinos é semelhante em ambas as sessões da semana. O objetivo desta fase, consistiu em continuar a melhorar a força e resistência, usando cargas mais elevadas e tentando estar mais tempo com a FC dentro da zona alvo. Desta vez os circuitos aumentaram o volume, passando-se a realizar 6 exercícios com 1 minuto de tempo trabalho, mais 15 segundos que na fase anterior e 30 segundos de intervalo, totalizando 3 rondas. Nesta fase também foram introduzidos exercícios cardiovasculares nos circuitos e a diferença entre as duas sessões da semana consistiu na utilização de diferentes exercícios para evitar monotonia entre treinos. O principal diferencial foi a gamificação utilizada para motivar os participantes na prática do exercício. Efetuaram-se tarefas em regime individual ou em duplas, onde se conquistariam pontos com desafios no decorrer da sessão como: maximizar o tempo na zona alvo entre pares ou grupos; alcançar um determinado número de repetições no menor tempo possível; exercícios realizados entre pares gerando uma maior interação. Todas estas tarefas tinham como objetivo favorecer o prazer, adesão e motivação dentro da sessão, mesmo sem ultrapassar os limites de cada indivíduo.

3.5.3. Fase Cooperativa

Ocorreram apenas 15 sessões desde o fim de abril até ao fim do mês de junho. O objetivo desta fase passou por inovar o que seria um programa de RC comum, implementando uma vertente coletiva e lúdica para além do trabalho de força e

cardiorrespiratório. Nas sessões de terça-feira o foco principal era a vertente cardiorrespiratória, começando por um aquecimento geral, passando para a parte principal que era composta por um circuito de 4 a 5 exercícios com 1 minuto de trabalho e 30 segundos de intervalo, com 2 a 3 rondas. Os exercícios eram realizados a pares, rotacionando entre estações constituídas apenas por movimentos com o peso corporal ou máquinas como passadeira e cicloergómetro. De seguida, eram realizados 2 a 3 jogos pré desportivos ou lúdicos com uma duração de 15 a 20 minutos. Alguns exemplos foram o basquetebol, futsal e outros jogos de equipa onde o movimento constante era muito presente mantendo a intensidade elevada. Com esta nova dinâmica pretendia-se que os participantes desfrutassem do exercício de uma maneira mais leve e divertida. Já na segunda sessão da semana, o foco principal foi a força e como tal, foi introduzido um trabalho de ginásio mais específico. Nesta sessão após o aquecimento geral, seguia-se uma série com 50% da carga de trabalho a realizar em cada um dos exercícios presentes no treino. Eram feitos exercícios como: agachamento com carga; remadas nos cabos; supino reto na máquina; puxada vertical nos cabos; aberturas para peitoral na máquina; extensões lombares; flexão e extensão de cotovelo nos cabos. No total cada participante tinha de concretizar 2 séries de 5 a 6 exercícios, completando entre 12 e 15 repetições máximas. O descanso entre séries era de pelo menos 1 minuto e com o passar das semanas, a carga dos exercícios era aumentada quando se atingia o limiar superior do intervalo de repetições estipulado. Assim como na sessão de terça-feira, ainda eram realizados 15 a 20 minutos de jogos coletivos para finalizar a sessão.

3.6. Processamento e limpeza dos dados de frequência cardíaca

Os dados de FC foram recolhidos de forma contínua através de cardiofrequencímetros Movesense MD (Suunto, Finlândia), com registo beat-to-beat (intervalos RR em milissegundos). Os registos foram processados em Python (v3.11), num ambiente controlado de desenvolvimento (PyCharm IDE, JetBrains, República Checa), através de uma pipeline estruturada em cinco scripts sequenciais (01–05).

Cada sessão foi convertida de registos beat-to-beat para séries contínuas *second-by-second* (1 Hz), assegurando a uniformidade temporal e a comparabilidade entre sessões e participantes. O processamento seguiu as seguintes etapas principais:

1. Conversão temporal: os *timestamps* foram arredondados ao segundo e calculou-se a FC média por segundo, originando séries temporais uniformes (*beat-to-second conversion*).
2. Filtragem fisiológica: removeram-se valores fora dos intervalos fisiológicos pré-definidos (30–220 bpm), eliminando leituras espúrias associadas a falhas momentâneas de contacto ou ruído do sensor.
3. Corte de artefactos: foram removidos segmentos com valores estáveis por mais de 2 minutos (indicativos de pausa ou descolagem do sensor) e picos isolados com variação superior a 30 bpm em janelas de 30 segundos.
4. Interpolação limitada: lacunas de registo inferiores a 5 segundos foram interpoladas linearmente, preservando a continuidade temporal sem introduzir distorções artificiais.
5. Suavização: aplicou-se um filtro de Savitzky–Golay (polinómio de grau 2; janela = 21 segundos), que reduz o ruído de alta frequência preservando a forma da curva e a dinâmica da FC (Savitzky & Golay, 1964).

O excerto seguinte ilustra a conversão e limpeza dos registos *beat-to-beat* para séries contínuas *second-by-second* com filtragem e suavização:

```

“# Exemplo simplificado — Conversão e limpeza de FC (Python 3.11)
import pandas as pd, numpy as np
from scipy.signal import savgol_filter
# 1. Leitura do ficheiro bruto
df = pd.read_csv("raw_session.csv")
# 2. Conversão beat-to-beat → 1 Hz
df["time_sec"] = (df["timestamp_ms"] // 1000).astype(int)
fc_sec = df.groupby("time_sec")["heart_rate_bpm"].mean().reset_index()
# 3. Filtragem fisiológica (valores plausíveis)
fc_sec = fc_sec[(fc_sec.heart_rate_bpm.between(30, 220))]
# 4. Suavização (filtro de Savitzky–Golay)
fc_sec["fc_smooth"] = savgol_filter(fc_sec["heart_rate_bpm"], 21, 2)
# 5. Exportação da sessão limpa
fc_sec.to_csv("session_cleaned.csv", index=False)”

```

Após a limpeza e validação, os ficheiros processados foram agregados por sessão e por participante, gerando séries temporais de FC válidas e contínuas. A partir destas

séries, calcularam-se as métricas de intensidade e carga interna, incluindo FC média e máxima, tempo em zonas de intensidade (definidas por percentagens de reserva de FC), tempo na zona alvo, TRIMP (training impulse) segundo o modelo de Edwards (1993). Este procedimento garantiu a qualidade e a integridade dos dados fisiológicos, permitindo uma análise das respostas cardiorrespiratórias e da carga interna entre diferentes fases de intervenção do programa de RC.

O processamento descrito segue recomendações habitualmente descritas na literatura para a limpeza de dados de FC contínuos e cálculo de métricas de carga interna e intensidade. A conversão *beat-to-second* e a suavização por Savitzky–Golay são utilizadas para reduzir o ruído e estabilizar séries temporais sem comprometer a dinâmica fisiológica (Savitzky & Golay, 1964). As métricas de carga interna (TRIMP) foram calculadas segundo Edwards (1993), integrando simultaneamente a duração e intensidade do estímulo, sendo amplamente aplicadas em estudos de RC e exercício clínico.

3.7. Considerações Éticas

Os participantes foram voluntários e conhecedores dos objetivos do estudo, sendo informados dos métodos e procedimentos relativos à investigação. Seguidamente, assinaram uma declaração de consentimento informado garantindo-lhes as questões de anonimato e confidencialidade. Toda a investigação seguiu as diretrizes da Declaração de Helsínquia.

Os dados relativos às características sociodemográficas e clínicas dos participantes foram registados numa base de dados controlada e acessível unicamente pelo investigador principal. Nessa base de dados de entrada foi atribuído um código alfanumérico que não permitia identificar a pessoa, apenas o participante (i.e. RC_062). Esse código foi posteriormente passado para uma segunda base de dados onde foi adicionada a informação relativa às respostas dos participantes aos questionários. Desta forma procurou-se garantir uma curadoria ética da informação recolhida, respeitando o anonimato dos participantes e assegurando a confidencialidade dos dados recolhidos.

Este estudo teve o parecer positivo da Comissão de Ética da Universidade de Évora com o número 24141.

3.8. Análise Estatística

A análise estatística foi conduzida em duas fases: (1) análise descritiva das variáveis sociodemográficas, antropométricas e funcionais, e (2) análise inferencial destinada a avaliar os efeitos intra-sujeito das diferentes fases do programa de RC. As análises numéricas foram realizadas no Jamovi (versão 2.7.5, open-source), enquanto os gráficos e visualizações de resultados foram produzidos no JASP (versão 0.95.3). O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$ para todas as comparações.

1. Análise descritiva

As variáveis contínuas foram expressas como média \pm desvio-padrão (DP), e as variáveis categóricas apresentadas em frequências absolutas e relativas (%). Para assegurar a adequação dos testes paramétricos, a normalidade da distribuição das diferenças intra-participante foi verificada através do teste de Shapiro–Wilk, complementado por inspeção visual de histogramas e *boxplots*.

2. Comparações intra-participante

Para examinar as alterações ao longo do tempo e entre fases de intervenção, recorreu-se a técnicas de comparação intra-sujeito:

- Quando os pressupostos de normalidade foram satisfeitos, utilizaram-se testes paramétricos:
 - Teste t pareado para comparações entre dois momentos/fases;
 - ANOVA de medidas repetidas para comparações entre três ou quatro momentos (T1–T4).
- Quando a distribuição das variáveis não cumpriu os pressupostos paramétricos, aplicaram-se testes não-paramétricos equivalentes:
 - Teste de Wilcoxon (duas medições);
 - Teste de Friedman (três ou mais medições).

A esfericidade foi testada através do teste de (Mauchly, 1940) e, quando violada, aplicou-se a correção de (Greenhouse & Geisser, 1959) aos graus de liberdade. Devido à presença de dados em falta nos momentos T3–T4 ($n = 7$), as ANOVA de medidas repetidas foram conduzidas na subamostra completa.

3. Post-hoc e múltiplas comparações

Sempre que se observaram efeitos globais significativos, realizaram-se testes post hoc pareados para identificar os contrastes responsáveis pelas diferenças. Os valores

de p foram ajustados para múltiplas comparações através da correção de Holm (por família de desfechos).

4. Variações absolutas e relativas

Complementarmente às comparações de níveis absolutos, foi calculada a variação absoluta (Δ) e a variação percentual ($\Delta\%$) entre momentos consecutivos:

- $\Delta = X_t - X_{(t-1)}$
- $\Delta\% = ((X_t - X_{(t-1)}) / X_{(t-1)}) \times 100$

Estas métricas permitiram quantificar a magnitude relativa das alterações fisiológicas, funcionais e psicossociais entre fases do programa.

5. Tamanho do efeito

O tamanho do efeito foi determinado de acordo com o tipo de teste estatístico:

- Para comparações paramétricas, calculou-se Hedges's g (g_{av}), uma versão corrigida do d de Cohen para amostras pequenas, utilizando a diferença de médias padronizada pelo desvio-padrão médio dos dois momentos e o fator de correção:
- $SD_{av} = \sqrt{(SD1^2 + SD2^2) / 2}$
- $J = 1 - 3 / (4(df) - 1)$
- $g_{av} = J \times (\bar{X}2 - \bar{X}1) / SD_{av}$

Esta métrica fornece uma estimativa menos enviesada do tamanho do efeito em amostras reduzidas ($n < 20$).

- Para testes não-paramétricos, utilizou-se $r = Z / \sqrt{N}$, interpretado segundo os critérios convencionais: pequeno ($r \approx 0,10$), médio ($r \approx 0,30$) e grande ($r \geq 0,50$).
- Em análises multivariadas (ANOVA de medidas repetidas), reportou-se o η^2 parcial (eta quadrado parcial) como estimativa da magnitude do efeito global (Cohen, 1992).

6. Interpretação dos resultados

Os resultados foram reportados com médias \pm DP, intervalos de confiança a 95% (IC95%), valores de p e tamanhos do efeito (Hedges's g ou r). A magnitude dos efeitos foi interpretada segundo os critérios propostos por Cohen (1988) e (Lakens, 2013), permitindo distinguir entre diferenças estatisticamente significativas e diferenças com relevância prática ou clínica.

Os resultados gráficos apresentaram simultaneamente a distribuição individual dos dados (jitter), a tendência central (boxplot) e a dispersão (violino), assegurando uma leitura intuitiva e robusta dos efeitos observados.

4. Resultados

De um modo geral, dos 9 participantes do estudo, apenas 7 realizaram todas as fases, tendo 2 deles realizado apenas a fase tradicional e fase integrada. A Tabela 1 resume as características gerais de todos os participantes no baseline.

Tabela 1 - Características iniciais sociodemográficas, clínicas e funcionais de todos os participantes (n=9)

Características	M ± DP
Sociodemográficas	
Idade (anos)	64,9 ± 11,6
Sexo, masculino (%)	6 (66,7)
Sexo, feminino (%)	3 (33,3)
Reformado (%)	3 (33,3)
Antropométricas	
IMC (kg/m ²)	29,6 ± 2,6
PC (cm)	107,6 ± 7,0
Aptidão Cardiorrespiratória	
6MWT (m)	532,2 ± 88,2
VO ₂ máx (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	20,0 ± 2,7
Qualidade de Vida	
HeartQOL Total (0-3)	2,4 ± 0,5
EQ-5D Index	0,5 ± 0,4
Força	
Extensores do joelho (60°) (N-m)	140,9 ± 60,2
Flexores do joelho (60°) (N-m)	67,5 ± 21,9

Legenda: *M*, média. *DP*, desvio padrão. *IMC*, Índice de Massa Corporal. *kg/m²*, quilogramas por metro quadrado. *PC*, Perímetro de Cintura. *cm*, centímetros. *g*, gramas. *6MWT*, six minute walk test. *m*, metros. *VO₂máx*, Consumo máximo de oxigénio. *ml·kg⁻¹·min⁻¹*, mililitro por quilograma por minuto *HeartQOL e EQ-5D*, Questionários de Qualidade de Vida Relacionada com a Saúde. *N-m*, Newton-metro.

A Tabela 1 apresenta as características sociodemográficas, antropométricas e funcionais dos 9 participantes. É possível observar que a amostra é maioritariamente masculina (66,7%) e com idade média de $64,9 \pm 11,6$. Os valores de IMC, $29,6 \text{ kg/m}^2$, e perímetro da cintura, $107,6 \text{ cm}$, indicam excesso de peso e adiposidade central relevantes do ponto de vista cardiometabólico. No 6MWT foram percorridos $532,2 \pm 88,2$ metros e o $\text{VO}_2\text{máx}$ estimado foi em média $20,0 \pm 2,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. A QVRS mostra-se globalmente favorável com valores médios de $2,4 \pm 0,5$, e o EQ-5D Index com $0,5 \pm 0,4$. Por último, na força isocinética no Biodex verificou-se um valor de $140,9 \pm 60,2$ Newton-metro nos extensores do joelho e $67,5 \pm 21,9$ Newton-metro nos flexores do joelho.

Tabela 2 - Indicadores de saúde entre os diferentes momentos de avaliação (T1-T4)

	T1	T2	T3	T4	Valor de <i>p</i>	Tamanho de efeito (η^2p)
	M \pm DP	M \pm DP	M \pm DP	M \pm DP		
	n = 9	n = 9	n = 7	n = 7		
Composição Corporal						
IMC (kg/m ²)	29,6 \pm 2,6	29,6 \pm 3,1	29,1 \pm 3,3	29,1 \pm 3,2	0,094	0,292
PC (cm)	107,6 \pm 7,0	107,7 \pm 6,5	107,8 \pm 4,4	106,2 \pm 5,2	0,465	0,129
Massa gorda corporal (g)	31811,4 \pm 3450,9	33345,7 \pm 5376,7	31802,8 \pm 4065,4	31248,5 \pm 3771,1	0,410	0,145
Massa magra corporal (g)	47845,0 \pm 8297,9	47213,5 \pm 7982,8	48289,7 \pm 9333,7	49053,2 \pm 10262,0	0,307	0,177
Aptidão cardiorrespiratória						
VO ₂ máx (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	20,0 \pm 2,7	20,3 \pm 2,5	20,6 \pm 2,9	20,9 \pm 3,6	0,015*	0,433
6 MWT (m)	532,2 \pm 88,2	543,9 \pm 82,6	554,9 \pm 96,8	565,1 \pm 120,3	0,015*	0,433
Qualidade de Vida						
HQOL Total	2,4 \pm 0,5	2,5 \pm 0,8	2,5 \pm 0,6	2,6 \pm 0,5	0,193	0,520
HQOL Físico	2,2 \pm 0,7	2,4 \pm 0,9	2,3 \pm 0,8	2,5 \pm 0,6	0,045*	0,708
HQOL Emocional	2,5 \pm 0,7	2,6 \pm 0,4	2,8 \pm 0,2	2,8 \pm 0,2	0,706	0,212
EQ-5D Index	0,5 \pm 0,4	0,6 \pm 0,5	0,8 \pm 0,3	0,7 \pm 0,5	0,522	0,367
EQ-5D VAS	85,6 \pm 8,2	85,0 \pm 12,9	88,6 \pm 6,3	81,3 \pm 9,1	0,285	0,444
Força						
Extensores do joelho (60°) (N-m)	140,9 \pm 60,2	138,5 \pm 65,2	130,1 \pm 65,7	136,1 \pm 65,7	0,180	0,233
Flexores do joelho (60°) (N-m)	67,5 \pm 21,9	64,9 \pm 24,2	66,0 \pm 28,1	71,9 \pm 32,3	0,023*	0,409

Legenda: *M*, média. *DP*, desvio padrão. *T1-T4*, quatro momentos de avaliação no decorrer do protocolo. *IMC*, Índice de Massa Corporal. *kg/m²*, quilogramas por metro quadrado. *PC*, Perímetro de Cintura. *cm*, centímetros. *g*, gramas. *VO₂máx*, Consumo máximo de oxigênio. *ml·kg⁻¹·min⁻¹*, mililitro por quilograma por minuto. *6 MWT*, six minute walk test. *m*, metros. *HeartQOL* e *EQ-5D*, Questionários de Qualidade de Vida Relacionada com a Saúde. *N-m*, Newton-metro. * significativo quando *p* < 0,05. A

comparação intra grupo nos diferentes momentos foi efetuada através do teste ANOVA de medidas repetidas ou Friedman, quando não paramétrico. O tamanho do efeito é reportado como η^2p .

A Tabela 2 apresenta os valores referentes à evolução dos indicadores de saúde ao longo dos quatro momentos de avaliação. A comparação entre o momento inicial (T1), pós-fase Tradicional (T2), pós-fase Integrada (T3) e pós-fase Cooperativa (T4) revelou alterações significativas em alguns indicadores, bem como tamanhos de efeito de magnitude variável.

Na CC não foram observadas diferenças estatisticamente significativas. O IMC mostrou tendência de descida passando de $29,6 \pm 2,6$ kg/m² em T1 para $29,1 \pm 3,2$ kg/m² em T4, com um tamanho de efeito grande ($\eta^2p = 0,292$). De forma semelhante, o PC diminuiu de $107,6 \pm 7,0$ cm para $106,2 \pm 5,2$ cm ($\eta^2p = 0,129$). Já a massa gorda corporal juntamente com a massa magra corporal, de forma proporcional apresentaram uma tendência positiva mas sem relevância significativa, com tamanhos de efeito grandes ($\eta^2p = 0,145$ e $0,177$).

Observou-se um efeito global significativo ao longo do tempo para o 6MWT e consequentemente para o VO₂máx estimado ($p = 0,015$ e $\eta^2p = 0,433$), sugerindo um efeito grande. Num momento inicial o VO₂máx apresentou uma média de $20,0 \pm 2,7$ ml·kg⁻¹·min⁻¹, chegando a $20,9 \pm 3,6$ ml·kg⁻¹·min⁻¹ no fim do protocolo. A distância percorrida no 6 MWT foi $532,2 \pm 88,2$ metros em T1, tendo um aumento relevante até $565,1 \pm 120,3$ metros no fim da fase Cooperativa. Dentro do contexto da RC estes efeitos representam uma melhoria clínica relevante.

De um modo geral todos os indicadores do questionário HeartQOL apresentaram melhorias, mas apenas na vertente física se verificou uma mudança significativa entre T1 com $2,2 \pm 0,7$ e T4 com $2,5 \pm 0,6$ ($p = 0,045$) e um efeito grande ($\eta^2p = 0,708$). O HeartQOL total evoluiu de $2,4 \pm 0,5$ para $2,6 \pm 0,5$ ($\eta^2p = 0,520$) efeito grande, sugerindo melhoria geral na qualidade de vida, mas sem significância aparente ($p = 0,193$). O domínio emocional apresentou uma leve subida, no entanto sem relevância significativa, mas sem relevância estatística ($p = 0,706$; $\eta^2p = 0,212$). No questionário EQ-5D, tanto o Index ($\eta^2p = 0,367$), como o VAS ($\eta^2p = 0,444$) revelaram tendências de evolução sem diferenças significativas, com tamanhos de efeito elevados que reforça a importância clínica destas mudanças.

Na força observou-se que a força dos extensores do joelho não sofreu grandes alterações, mantendo-se ao longo do programa ($p = 0,180$ e $\eta^2p = 0,233$). Por outro lado, a força dos flexores do joelho iniciou com $67,5 \pm 21,9$ N-m e alcançou $71,9 \pm 32,3$ N-m com uma significância de $p = 0,023$ e $\eta^2p = 0,409$. Ambos os indicadores

sofreram uma redução até ao terceiro momento, aumentando exponencialmente no último, sugerindo um impacto positivo da fase cooperativa nesta vertente.

No geral, os resultados indicam que as intervenções foram eficazes na melhoria dos indicadores de saúde, especialmente quando observamos os valores pós fase Cooperativa do programa.

Tabela 3 - Variação (Δ) dos valores dos indicadores de saúde dos participantes entre os diferentes momentos de avaliação (T1, T2, T3 e T4)

	Inicial	Δ Pós-Traducional	Δ Pós-Integrada	Δ Pós-Cooperativa
	M \pm DP	T2-T1	T3-T1	T4-T1
	n = 9	n = 9	n = 7	n = 7
Composição Corporal				
IMC (kg/m ²)	29,6 \pm 2,6	0,0 \pm 4,1	-0,5 \pm 4,2	-0,5 \pm 4,1
PC (cm)	107,6 \pm 7,0	0,1 \pm 9,6	-0,2 \pm 8,3	-1,4 \pm 8,7
Massa gorda corporal (g)	31811,4 \pm 3450,9	1534,3 \pm 6388,9	-8,6 \pm 5332,6	-562,9 \pm 5111,8
Massa magra corporal (g)	47845,0 \pm 8297,9	-631,5 \pm 11514,4	444,7 \pm 12488,9	1208,2 \pm 13197,1
Aptidão cardiorrespiratória				
VO ₂ máx (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	20,0 \pm 2,7	0,4 \pm 3,6	0,7 \pm 3,9	1,0 \pm 4,5
6 MWT (m)	532,2 \pm 88,2	11,7 \pm 120,8	22,7 \pm 130,9	32,9 \pm 149,2
Qualidade de Vida				
HQOL Total	2,4 \pm 0,5	0,1 \pm 0,9	0,1 \pm 0,8	0,2 \pm 0,7
HQOL Físico	2,2 \pm 0,7	0,2 \pm 1,1	0,1 \pm 1,0	0,4 \pm 0,9
HQOL Emocional	2,5 \pm 0,7	0,1 \pm 0,8	0,3 \pm 0,7	0,2 \pm 0,7
EQ-5D Index	0,5 \pm 0,4	0,1 \pm 0,7	0,2 \pm 0,5	0,2 \pm 0,6
EQ-5D VAS	85,6 \pm 8,2	-0,6 \pm 15,3	2,9 \pm 10,3	-4,3 \pm 12,3
Força				
Extensores do joelho (60°) (N-m)	140,9 \pm 60,2	-2,4 \pm 88,7	-10,8 \pm 89,1	-4,8 \pm 89,1
Flexores do joelho (60°) (N-m)	67,5 \pm 21,9	-2,6 \pm 32,6	-1,5 \pm 35,6	4,4 \pm 39,0

Legenda: *M*, média. *DP*, desvio padrão. *T1-T4*, quatro momentos de avaliação no decorrer do protocolo. *IMC*, Índice de Massa Corporal. *kg/m²*, quilogramas por metro quadrado. *PC*, Perímetro de Cintura. *cm*, centímetros. *g*, gramas. *VO₂máx*, Consumo máximo de oxigénio. *ml·kg⁻¹·min⁻¹*, mililitro por quilograma por minuto. *6 MWT*, six minute walk test. *m*, metros. *HeartQOL* e *EQ-5D*, Questionários de Qualidade de Vida Relacionada com a Saúde. *N-m*, Newton-metro.

A Tabela 3 apresenta as variações absolutas (Δ) dos valores dos indicadores de saúde dos participantes no baseline (T1), pós-fase Tradicional (T2), pós-fase Integrada (T3) e pós-fase Cooperativa (T4). Estes valores ajudam a ter uma melhor perceção do efeito causado por cada fase.

Ao nível da CC verificou-se uma tendência positiva a partir da Fase Integrada. Até ao fim da fase Tradicional o IMC e PC mantiveram-se estáveis sendo que a massa gorda corporal sofreu um aumento ($\Delta = 1534,3 \pm 6388,9$ g) e a massa magra corporal sofreu uma diminuição ($\Delta = -631,5 \pm 11514,4$ g). Porém no programa os valores inverteram-se com uma ligeira redução da massa gorda corporal ($\Delta = -562,9 \pm 5111,8$ g) e um aumento bastante considerável de massa magra corporal ($\Delta = 1208,2 \pm 13197,1$ g). Em relação à aptidão cardiorrespiratória, foi o único indicador que aumentou de forma consistente em todo o programa. Observou-se um aumento na distância do 6 MWT ($\Delta = 32,9 \pm 149,2$ metros) que está relacionado a uma melhoria da capacidade cardiorrespiratória ($\Delta = 1,0 \pm 4,5$ ml·kg⁻¹·min⁻¹) demonstrando a importância que todas as fases tiveram nesta componente.

A qualidade de vida teve diferentes evoluções conforme o domínio avaliado. Dos cinco domínios avaliados apenas o EQ-5D VAS não apresentou melhorias no fim do programa ($\Delta = -4,3 \pm 12,3$). O HQOL Total e o HQOL Físico, apresentaram variações semelhantes, tendo uma evolução num primeiro momento na fase Tradicional, uma leve descida na fase Integrada e por fim o maior aumento de todos na fase Cooperativa ($\Delta = 0,2 \pm 0,7$ e $\Delta = 0,3 \pm 0,9$) respetivamente. Já o HQOL Emocional, o EQ-5D Index e o EQ-5D VAS, alcançaram os seus valores mais elevados na fase Integrada ($\Delta = 0,3 \pm 0,7$ e $\Delta = 0,2 \pm 0,5$ e $2,9 \pm 10,3$), havendo uma descida posteriormente.

O indicador da força diminuiu tanto nos extensores como nos flexores dos joelhos na fase Tradicional, porém a força dos flexores do joelho evoluiu de forma gradual até ao final da fase Cooperativa onde se verificou a maior evolução ($\Delta = 4,4 \pm 39,0$ N-m). Resumindo os principais resultados da Tabela 3, é possível realçar a importância da fase Cooperativa na maioria dos indicadores de saúde. De todas as fases, a Tradicional apresentou ser a menos benéfica principalmente ao nível de CC e da FM. A fase Integrada já se mostrou mais impactante em alguns indicadores mas a tipologia da fase Cooperativa é que causou as evoluções mais expressivas. Destaca-se a aptidão cardiorrespiratória, pois foi o único indicador que apresentou melhorias em todas as fases.

Tabela 4 - Variação percentual ($\Delta\%$) dos valores dos indicadores de saúde dos participantes entre os diferentes momentos de avaliação (T1, T2, T3 e T4)

	Inicial M \pm DP n = 9	$\Delta\%$ Pós- Tradicional T2-T1 n = 9	$\Delta\%$ Pós- Integrada T3-T1 n = 7	$\Delta\%$ Pós- Cooperativa T4-T1 n = 7
Composição Corporal				
IMC (kg/m^2)	29,6 \pm 2,6	0,0 \pm 0,0	-1,7 \pm 0,2	-1,7 \pm 0,2
PC (cm)	107,6 \pm 7,0	0,1 \pm 0,0	0,2 \pm 0,0	-1,3 \pm 0,1
Massa gorda corporal (g)	31811,4 \pm 3450,9	4,8 \pm 0,9	0,0 \pm 0,0	-1,8 \pm 0,3
Massa magra corporal (g)	47845,0 \pm 8297,9	-1,3 \pm 0,3	0,9 \pm 0,2	2,5 \pm 0,7
Aptidão cardiorrespiratória				
VO ₂ máx ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	20,0 \pm 2,7	2,0 \pm 0,4	3,5 \pm 0,7	5,0 \pm 1,1
6 MWT (m)	532,2 \pm 88,2	2,2 \pm 0,5	4,3 \pm 1,0	6,2 \pm 1,7
Qualidade de Vida				
HQOL Total	2,4 \pm 0,5	2,9 \pm 1,1	2,5 \pm 0,8	8,4 \pm 2,4
HQOL Físico	2,2 \pm 0,7	9,6 \pm 4,5	5,0 \pm 2,2	16,0 \pm 6,1
HQOL Emocional	2,5 \pm 0,7	5,2 \pm 1,6	12,8 \pm 3,5	10,0 \pm 2,7
EQ-5D Index	0,5 \pm 0,4	13,0 \pm 15,0	44,4 \pm 37,3	33,3 \pm 34,0
EQ-5D VAS	85,6 \pm 8,2	-0,7 \pm 0,1	3,4 \pm 0,4	-5,1 \pm 0,7
Força				
Extensores do joelho (60°) (N-m)	140,9 \pm 60,2	-1,7 \pm 1,1	-7,7 \pm 5,1	-3,4 \pm 2,2
Flexores do joelho (60°) (N-m)	67,5 \pm 21,9	-3,9 \pm 1,9	-2,2 \pm 1,2	6,5 \pm 3,6

Legenda: *M*, média. *DP*, desvio padrão. *T1-T4*, quatro momentos de avaliação no decorrer do protocolo. *IMC*, Índice de Massa Corporal. kg/m^2 , quilogramas por metro quadrado *PC*, Perímetro de Cintura. *cm*, centímetros. *g*, gramas. *VO₂máx*, Consumo máximo de oxigénio. $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, mililitro por quilograma por minuto. *6 MWT*, six minute walk test. *m*, metros. *HeartQOL* e *EQ-5D*, Questionários de Qualidade de Vida Relacionada com a Saúde. *N-m*, Newton-metro.

A Tabela 4 apresenta as variações percentuais ($\Delta\%$) dos valores dos indicadores de saúde dos participantes no baseline (T1), pós-fase Tradicional (T2), pós-fase Integrada (T3) e pós-fase Cooperativa (T4). Para além das variações absolutas, estes valores

ajudam a compreender o impacto relativo de cada fase em cada indicador de saúde dos participantes.

Observou-se uma tendência favorável no IMC, com uma manutenção na fase Tradicional que se acentuou na fase Integrada (-1,7%) e que se manteve na fase Cooperativa. Quanto ao PC, o padrão foi semelhante, passando de um pequeno aumento de 0,1% para uma nova subida após a segunda fase (0,2%) e uma redução na última fase (-1,3%). A massa gorda corporal apresentou aumento ligeiro após a fase Tradicional (4,8%) mantendo-se estável na fase Integrada, revertendo para uma pequena diminuição de 1,8% no pós-Cooperativa. Em paralelo, a massa magra corporal evoluiu de uma variação negativa (-1,3%) para ganhos relativos num segundo momento (0,9%) e na fase Cooperativa (2,5%), sugerindo uma melhor CC à medida que o programa progrediu.

Verificaram-se melhorias progressivas no VO_2 máx, com aumentos de 2,0% pós-Tradicional, 3,5% pós-Integrada e 5% pós-Cooperativa. O desempenho no 6 MWT exibiu um padrão semelhante, com incrementos percentuais de 2,2%, 4,3% e 6,2%, respetivamente, refletindo ganhos funcionais com efeito sustentado.

Os indicadores de qualidade de vida apontaram melhoria global, ainda que com variabilidade interindividual. O HQOL Total aumentou em 2,9% num momento inicial, 2,5% na fase Integrada e 8,4% no fim do programa. No domínio físico, os ganhos foram mais expressivos 9,6%; 5,0%, 16,0%, respetivamente, enquanto o domínio emocional apresentou melhorias percentuais elevadas, mas mais heterogêneas a partir da fase Integrada (5,2%, 12,8% e 10,0%). O EQ-5D Index também melhorou até certo ponto acabando por estagnar (13,0%, 44,4%, 33,3%). Já o EQ-5D VAS evoluiu negativamente no pós-Tradicional (-0,7%) e positivamente no pós-Integrada (3,4%), mas revelou uma queda no pós-Cooperativa (-5,1%), sugerindo perceção subjetiva de saúde menos favorável nessa avaliação final.

Nos picos de torque observou-se um arranque menos positivo após a fase Tradicional, seguido de ganhos com a progressão do programa. Na extensão do joelho a 60°, a força diminuiu 1,7% no pós-Tradicional e no pós-Integrada (7,7%) e melhorando ligeiramente no pós-Cooperativa (-3,4%). Já na flexão a 60°, registou-se (-3,9%) inicialmente, seguido de uma melhoria (-2,2%) e um aumento substancial no fim do programa de 6,5%. Estes valores representam ganhos nítidos de FM.

Em síntese, as variações percentuais reforçam as tendências observadas: redução relativa de IMC e perímetro da cintura, melhorias progressivas da aptidão

cardiorrespiratória e da qualidade de vida, e ganhos de força sobretudo no final do programa.

Tabela 5 - Comparações pareadas dos indicadores de saúde entre os quatro momentos (T1-T4)

Variável	Teste	T1-T2	T1-T3	T1-T4	T2-T3	T2-T4	T3-T4
IMC	<i>p</i> -value	0,930	0,081	0,139	0,414	0,557	0,856
	<i>g_av</i>	0,030	0,791	0,646	0,331	0,235	0,072
PC	<i>p</i> -value	0,928	0,859	0,330	0,702	0,250	0,104
	<i>g_av</i>	0,031	0,070	0,401	0,152	0,482	0,724
Massa gorda corporal	<i>p</i> -value	0,095	0,623	0,913	0,333	0,115	0,317
	<i>g_av</i>	0,630	0,196	0,043	0,398	0,696	0,412
Massa magra corporal	<i>p</i> -value	0,323	0,703	0,388	0,104	0,086	0,425
	<i>g_av</i>	0,351	0,151	0,352	0,723	0,775	0,323
VO ₂ máx	<i>p</i> -value	0,240	0,010*	0,030*	0,210	0,253	0,370
	<i>g_av</i>	0,423	1,410	1,034	0,563	0,478	0,370
6 MWT	<i>p</i> -value	0,240	0,010*	0,030*	0,210	0,253	0,370
	<i>g_av</i>	0,423	1,410	1,034	0,536	0,478	0,370
HQOL Total	<i>p</i> -value	0,459	0,230	0,041*	0,635	0,423	0,080
	<i>g_av</i>	0,424	0,558	1,118	0,320	0,577	0,796
HQOL Físico	<i>p</i> -value	0,250	0,590	0,059	0,371	1,000	0,100
	<i>g_av</i>	0,800	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000
HQOL Emocional	<i>p</i> -value	1,000	0,423	0,584	1,000	1,000	0,586
	<i>r</i>	0,000	0,667	0,400	0,333	1,000	0,500
EQ-5D Index	<i>p</i> -value	0,423	0,201	0,855	1,000	1,000	0,789
	<i>r</i>	0,667	0,800	0,200	1,000	1,000	0,333
EQ-5D VAS	<i>p</i> -value	0,638	0,175	0,180	0,225	0,423	0,146
	<i>r</i>	0,261	0,645	0,636	1,000	0,577	0,631
Extensores do joelho	<i>p</i> -value	0,567	0,967	0,357	0,188	0,189	0,191
	<i>g_av</i>	0,199	0,016	0,377	0,562	0,559	0,557
Flexores do joelho	<i>p</i> -value	0,282	0,239	0,073	0,075	0,074	0,073
	<i>g_av</i>	0,384	0,494	0,820	0,811	0,816	0,820

Legenda: *T1-T4*, quatro momentos de avaliação no decorrer do protocolo. *IMC*, Índice de Massa Corporal. *PC*, Perímetro de Cintura. *VO₂máx*, Consumo máximo de oxigénio. *6 MWT*, six minute walk test. *HeartQOL* e *EQ-5D*, Questionários de Qualidade de Vida Relacionada com a Saúde. * significativo quando $p < 0,05$. Comparações entre momentos realizadas com Teste t pareado (tamanhos de efeito em Hedges' *g*) ou teste de Wilcoxon (tamanhos de efeito em *r*).

Na Tabela 5 é possível observar as comparações pareadas entre os vários momentos nas variáveis referentes à saúde, de modo a identificar a sua significância estatística assim como o respetivo tamanho do efeito.

Ao nível do IMC, não foram encontradas diferenças significativas entre os momentos, embora se tenham registado tamanhos de efeito grandes em T1-T3 (*g_av*

= 0,791) e T1-T4 ($g_{av} = 0,646$), sugerindo uma tendência de redução ao longo do programa. O PC apresentou valores consistentes, sem significância estatística, mas com um efeito de magnitude moderada a grande em T3-T4 ($g_{av} = 0,724$) refletindo uma possível melhoria no final da intervenção.

Na massa gorda corporal, as comparações não mostraram significância, mas houve um efeito moderado em T1-T2 ($g_{av} = 0,630$) e em T2-T4 ($g_{av} = 0,696$), o que pode traduzir um aumento inicial de gordura corporal que foi posteriormente atenuado. A massa magra corporal apresentou apenas efeitos pequenos e moderado grandes em T2-T3 e T2-T4, sem diferenças significativas, sugerindo estabilidade relativa com aumento gradual numa fase mais tardia.

A aptidão cardiorrespiratória foi o domínio com resultados mais consistentes. O VO_2 máx registou melhorias significativas de T1 a T3 ($p = 0,010$; $g_{av} = 1,410$) e T1 a T4 ($p = 0,030$; $g_{av} = 1,034$), ambos com efeitos muito grandes. De forma paralela, a distância no 6MWT apresentou o mesmo padrão de evolução (T1-T3, $p = 0,010$; $g_{av} = 1,41$), (T1-T4, $p = 0,030$; $g_{av} = 1,03$), confirmando ganhos substanciais e clinicamente relevantes na capacidade funcional ao longo de todo o programa.

Nos indicadores de qualidade de vida, o HQOL Total mostrou diferença significativa entre T1-T4 ($p = 0,041$; $g_{av} = 1,118$), com um efeito muito grande, apontando para uma melhoria global após a intervenção. O HQOL Físico apresentou um valor próximo da significância em T1-T4 ($p = 0,059$; $g_{av} = 1,000$) com efeito muito grande, sugerindo que a evolução pode ter relevância prática apesar da ausência de significância estatística. O HQOL Emocional, analisado pelo teste de Wilcoxon, não revelou diferenças significativas, mas exibiu um efeito grande em T1-T3 ($r = 0,667$), sugerindo uma percepção emocional mais favorável nesse período.

No EQ-5D Index, não se verificaram diferenças significativas, mas em T1-T3 registou-se um efeito grande ($r = 0,800$), sugerindo um ganho relevante ainda que sem suporte estatístico. De forma semelhante, no EQ-5D VAS surgiram efeitos grandes em T1-T3 ($r = 0,645$) e T1-T4 ($r = 0,636$), apontando para melhoria da percepção subjetiva de saúde.

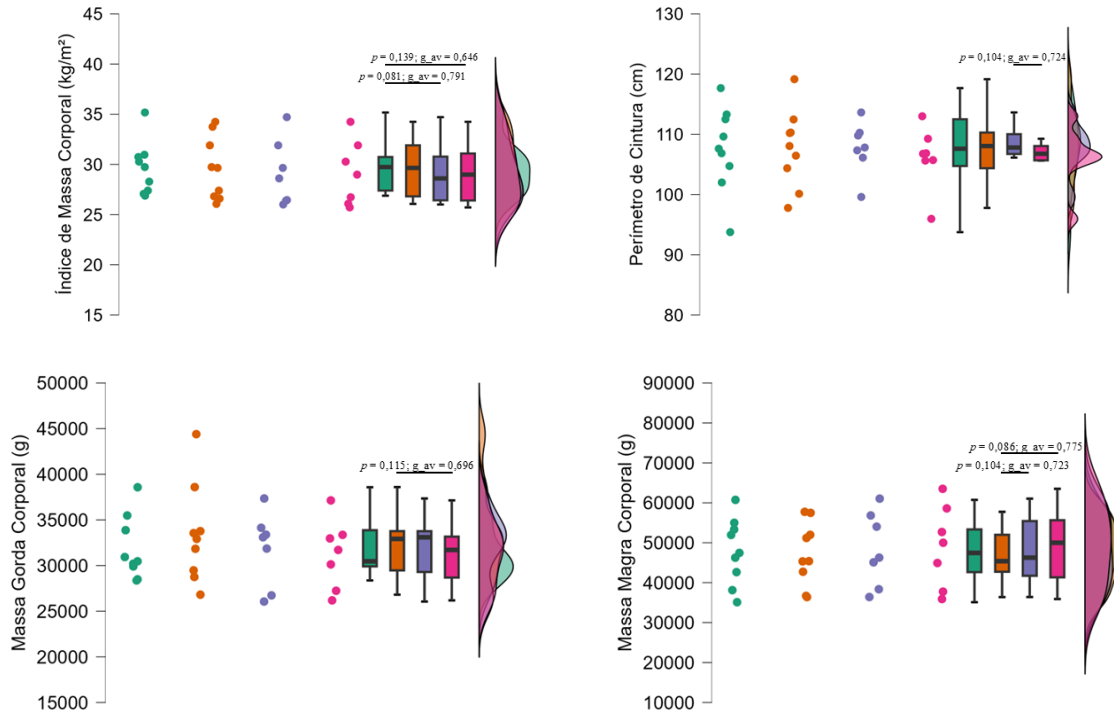
Relativamente à FM, os extensores do joelho não apresentaram diferenças significativas nem efeitos de grande magnitude, mantendo-se estáveis. Já os flexores do joelho mostraram valores próximos da significância em T1-T4 ($p = 0,073$; $g_{av} = 0,820$) e em transições intermédias, sempre com efeitos grandes, sugerindo ganhos

relevantes de força que poderão ter sido limitados pela amostra reduzida para alcançar significância estatística.

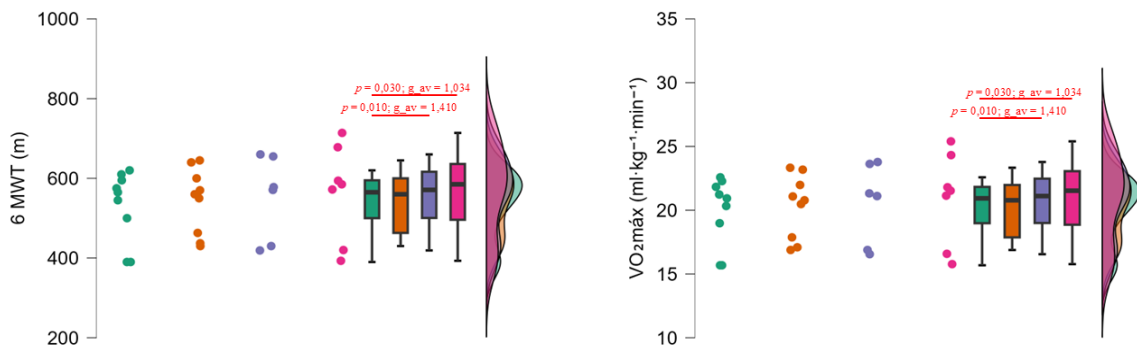
Em síntese, os resultados indicam que os maiores benefícios do programa ocorreram na aptidão cardiorrespiratória (VO_2 máx e 6MWT), com melhorias significativas e de efeito muito grande. A qualidade de vida também apresentou evolução positiva, sobretudo no domínio global (HQOL Total) e no físico, com efeitos muito grandes. A CC e a FM revelaram apenas tendências, mas com alguns efeitos grandes, sugerindo benefício prático ainda que não significativo estatisticamente. Globalmente, a intervenção mostrou-se eficaz, sobretudo no aumento da capacidade funcional e percepção de qualidade de vida, com indícios adicionais de melhorias em indicadores complementares.

- T1
- T2
- T3
- T4

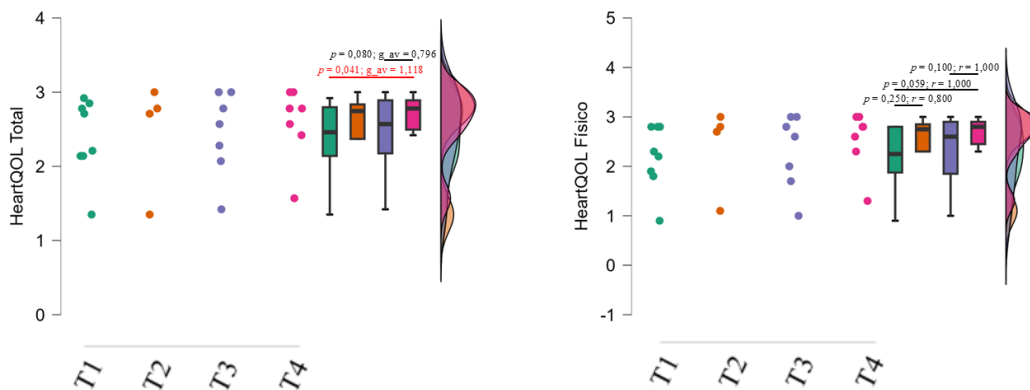
Composição Corporal



Aptidão Cardiorrespiratória



Qualidade de Vida



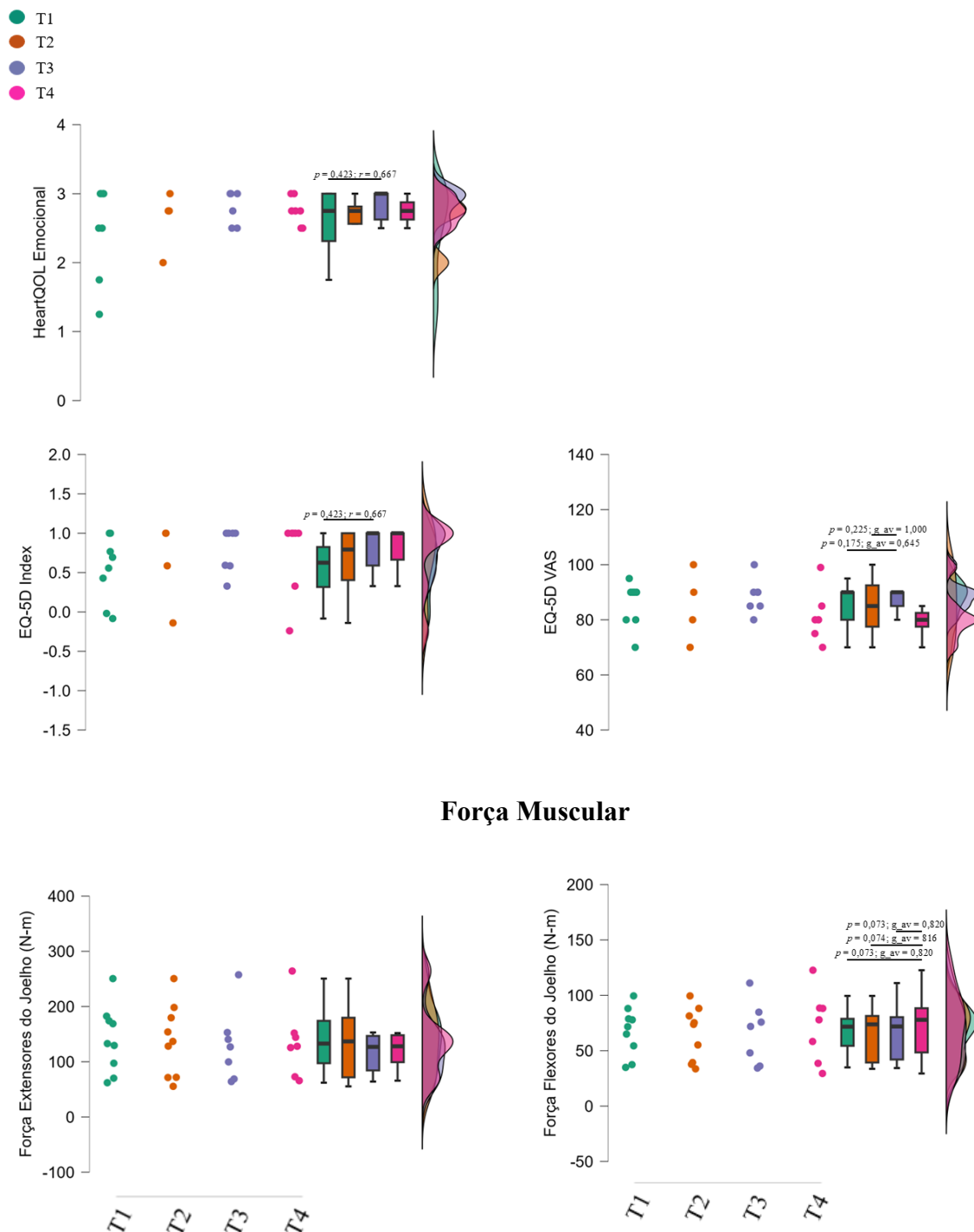


Figura 1 – Comparação dos indicadores de saúde entre os quatro momentos (T1-T4)

Legenda: Cada gráfico apresenta três grafismos diferentes com a evolução de cada variável da saúde ao longo dos quatro momentos (inicial, pós-Tradicional, pós-Integrada e pós-Cooperativa). *T1-T4*, quatro momentos de avaliação no decorrer do protocolo. *IMC*, Índice de Massa Corporal. kg/m^2 , quilogramas por metro quadrado *PC*, Perímetro de Cintura. *cm*, centímetros. *g*, gramas. $VO_2máx$, Consumo máximo de oxigénio. $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, mililitro por quilograma por minuto. *6 MWT*, six minute walk test. *m*, metros. *HeartQOL* e *EQ-5D*, Questionários de Qualidade de Vida Relacionada com a Saúde. *N·m*, Newton-metro. Comparações entre momentos realizadas com Teste t pareado (tamanhos de efeito em

Hedges'g) ou teste de Wilcoxon (tamanhos de efeito em r). Nível de significância considerado quando $p < 0,05$ (destacados com cor vermelha).

A Figura 1 apresenta a evolução dos indicadores de saúde dos participantes ao longo dos quatro momentos: Inicial (T1, verde); pós-Tradicional (T2, laranja); pós-Integrada (T3, roxa); pós-Cooperativa (T4, rosa). Os gráficos permitem observar, de forma complementar, tanto a variação individual, nos jitter plots, como as tendências centrais e dispersão dos grupos, nos diagramas de caixa, bem como a distribuição contínua dos valores em cada momento, nos gráficos de densidade. Esta representação integrada facilita a interpretação da progressão dos indicadores de saúde, permitindo identificar diferenças estatisticamente significativas e a magnitude dos efeitos observados entre fases.

Nos gráficos relativos ao IMC e ao PC, os Jitter plots mostram uma distribuição individual estável ao longo dos quatro momentos, sem grandes deslocamentos no padrão de dispersão. Os diagramas de caixa do IMC confirmam esta tendência, com medianas aproximadas, sugerindo que as variações observadas foram reduzidas. Já no PC observa-se nos boxplots um ligeiro deslocamento descendente da mediana no último momento. Nos gráficos de densidade de ambas as variáveis, a distribuição manteve-se concentrada em torno de valores semelhantes, com uma ligeira deslocação descendente no final, refletindo uma tendência de redução. Este padrão indica que estas duas variáveis permaneceram estáveis, sugerindo que o programa causou uma ligeira tendência para a diminuição da adiposidade central.

A massa gorda corporal e a massa magra corporal revelaram, nos Jitter plots, maiores variações individual. A massa gorda aumentou ligeiramente após a primeira fase, mas acabou por estabilizar e apresentar tendência de redução nas fases seguintes. Já a massa magra apresentou padrão inverso: após pequenas perdas iniciais, verificou-se recuperação progressiva, com ganhos evidentes no final do programa. A leitura conjunta destes resultados sugere que, ao longo das fases, o treino contribuiu para uma recomposição corporal favorável, com preservação e até aumento de massa muscular em paralelo com ligeira redução da gordura corporal.

Nos gráficos referentes ao VO_{2max} , é possível observar nos Jitter plots um deslocamento ascendente gradual em quase todos os participantes. Os boxplots confirmam um aumento consistente da mediana entre T1 e T4, enquanto os gráficos de densidade mostram uma distribuição progressivamente deslocada para a direita,

refletindo maior capacidade aeróbia. Estes resultados são consistentes com os ganhos funcionais obtidos ao longo das fases, sugerindo que o programa exerceu impacto positivo e sustentado na aptidão cardiorrespiratória.

Um padrão semelhante é evidente no 6MWT, onde os Jitter plots revelam aumentos progressivos da distância percorrida pelos participantes. Os diagramas de caixa mostram uma mediana em clara ascensão, enquanto os gráficos de densidade apresentam uma distribuição deslocada para valores mais elevados. A consistência entre VO_2 máx e 6MWT reforça a melhoria cardiorrespiratória, traduzindo-se em ganhos de funcionalidade clínica relevantes neste contexto.

Relativamente à qualidade de vida, os gráficos do HeartQOL Total apresentam uma tendência positiva, com os Jitter plots a mostrarem ligeira ascensão e os boxplots a refletirem medianas mais elevadas no fim do programa. A densidade reforça esta deslocação, ainda que com alguma dispersão individual. No HeartQOL físico, a evolução é mais marcada, com deslocamento ascendente evidente da mediana e da distribuição final, refletindo melhoria expressiva na perceção funcional. Já no HeartQOL emocional, as alterações são mais discretas: os gráficos sugerem estabilização em valores ligeiramente superiores, mas sem grandes deslocamentos na distribuição. No caso do EQ-5D Index, os boxplots mostram medianas mais elevadas na fase intermédia, estabilizando depois, enquanto o EQ-5D VAS sugere uma evolução menos linear, com ligeira descida no final, refletida pela densidade deslocada para valores inferiores.

Por fim, nos indicadores de FM, os gráficos dos extensores do joelho a mostram nos Jitter plots e boxplots uma descida inicial seguida de recuperação, mas sem alterações expressivas da mediana. Já nos flexores do joelho, a tendência é mais clara, com os gráficos a indicarem uma evolução positiva: aumento da mediana nos boxplots e deslocamento da distribuição nos gráficos de densidade, traduzindo uma recuperação gradual que culmina em ganhos mais evidentes na fase final.

Em síntese, os gráficos dos indicadores de saúde mostram uma evolução heterogénea, mas globalmente positiva. Observam-se melhorias consistentes na aptidão cardiorrespiratória e na FM, acompanhadas de tendências favoráveis na CC e na qualidade de vida, sobretudo no domínio físico. Estes padrões sugerem que a intervenção, em particular nas fases mais dinâmicas e interativas, promoveu benefícios clínicos relevantes, ainda que nem sempre com significância estatística em todos os indicadores.

Tabela 6 - Indicadores de qualidade do treino entre as diferentes fases (Tradicional, Integrada e Cooperativa)

	Fase Tradicional (F1)	Fase Integrada (F2)	Fase Cooperativa (F3)	Valor de <i>p</i>	Tamanho de efeito (η^2_p)
	M \pm DP	M \pm DP	M \pm DP		
	n = 9	n = 7	n = 7		
Carga de treino (TRIMP)					
Médio por sessão Edwards	25,6 \pm 12,1	28,2 \pm 21,9	29,9 \pm 13,5	0,595	0,083
Total Edwards	288,3 \pm 219,0	391,5 \pm 350,2	242,3 \pm 86,6	0,038*	0,420
FC média parte principal da sessão					
FC (bpm)	96,8 \pm 10,1	98,8 \pm 10,5	94,6 \pm 10,9	0,175	0,252
Tempo em zonas Z1-Z5					
Z1 (min)	5801,2 \pm 2736,6	5976,4 \pm 4742,2	4378,6 \pm 1903,1	0,029*	0,445
Z2 (min)	3858,3 \pm 2990,8	4222,2 \pm 4344,3	2387,4 \pm 761,8	0,058	0,377
Z3 (min)	1122,7 \pm 1519,1	1966,9 \pm 1951,6	1028,3 \pm 744,0	0,050	0,344
Z4 (min)	73,9 \pm 110,8	612,0 \pm 748,8	410,4 \pm 385,9	0,163	0,346
Z5 (min)	23,9 \pm 66,9	144,6 \pm 230,2	131,3 \pm 169,9	0,244	0,203
Z1 (%)	18,4 \pm 7,4	17,4 \pm 7,8	16,5 \pm 3,3	0,029*	0,445
Z2 (%)	11,4 \pm 6,0	11,1 \pm 9,0	10,1 \pm 3,7	0,058	0,377
Z3 (%)	2,6 \pm 2,7	5,4 \pm 5,2	4,8 \pm 3,8	0,079	0,344
Z4 (%)	0,2 \pm 0,3	1,8 \pm 2,3	2,0 \pm 2,2	0,163	0,346
Z5 (%)	0,1 \pm 0,2	0,5 \pm 0,9	0,7 \pm 0,9	0,244	0,203
Zona alvo de treino					

Tempo (%)	20,6 ± 17,6	22,4 ± 16,3	21,3 ± 21,2	0,651	0,160
-----------	-------------	-------------	-------------	-------	-------

Legenda: *M*, média. *DP*, desvio padrão. *F1-F3*, fases do programa. *TRIMP*, Training Impulse *FC*, frequência cardíaca. *bpm*, batimentos por minuto. *Z1-Z5*, zonas de treino. * significativo quando $p < 0,05$. A comparação intra grupo nos diferentes momentos foi efetuada através do teste ANOVA de medidas repetidas ou Friedman, quando não paramétrico. O tamanho do efeito é reportado como η^2p .

A Tabela 6 apresenta os valores referentes à evolução dos indicadores de qualidade do treino ao longo das 3 fases: Fase Tradicional (F1); Fase Integrada (F2); Cooperativa (F3).

Começando pela Carga de treino (TRIMP), o valor médio por sessão foi semelhante entre fases sem diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,595$ e $\eta^2_p = 0,083$ efeito moderado). Este padrão sugere que a intensidade efetiva de treino por sessão se manteve relativamente estável ao longo do programa, apesar das alterações nas estruturas das sessões. Já no TRIMP total, observou-se uma redução na última fase do programa em comparação com as anteriores ($p = 0,038$ e $\eta^2_p = 0,420$ efeito grande), porém registaram-se os valores mais elevados em F2, sugerindo um maior volume acumulado de treino, seguido de uma redução na Fase Cooperativa.

A FC média durante a parte principal manteve-se sem alterações relevantes entre fases ($p = 0,175$ e $\eta^2_p = 0,252$ efeito grande). Mesmo com maior variação de tarefas na fase integrada e na fase cooperativa, a FC média não se elevou de forma acentuada, garantindo assim uma progressão segura.

Na distribuição do tempo por zonas, o tempo passado em zona 1 ($p = 0,029$; $\eta^2_p = 0,445$, efeito grande) e em zona 2 ($p = 0,058$ e $\eta^2_p = 0,377$), diminuiu progressivamente ao longo das fases, demonstrando que o tempo foi alocado em zonas de maior intensidade. Verificou-se uma tendência não significativa, mas acompanhadas de magnitude relevante, para maior tempo em zonas mais altas: Z3 ($p = 0,079$ e $\eta^2_p = 0,344$ efeito grande), Z4 ($p = 0,163$ e $\eta^2_p = 0,346$ efeito grande) e Z5 ($p = 0,244$ e $\eta^2_p = 0,203$ efeito médio).

Por último, a percentagem de tempo em zona alvo não variou de forma significativa entre os diferentes momentos ($p = 0,651$ e $\eta^2_p = 0,160$ efeito grande), provando que a intensidade do treino foi constante e efetiva com o decorrer das fases.

Tabela 7 - Variação (Δ) dos valores dos indicadores da qualidade de treino dos participantes entre as diferentes fases do programa (Tradicional, Integrada, Cooperativa)

	Inicial	Δ F2-F1	Δ F3-F1
	M \pm DP		
	n = 9	n = 7	n = 7
Carga de treino (TRIMP)			
Médio por sessão Edwards	25,6 \pm 12,1	2,6 \pm 25,0	4,3 \pm 18,1
Trimp total Edwards	288,3 \pm 219,0	103,2 \pm 413,1	-46,0 \pm 235,5
FC média parte principal da sessão			
FC (bpm)	96,8 \pm 10,1	2,0 \pm 14,6	-2,2 \pm 14,9
Tempo em zonas Z1-Z5			
Z1 (%)	18,4 \pm 7,4	-1,0 \pm 10,8	-1,9 \pm 8,1
Z2 (%)	11,4 \pm 6,0	-0,3 \pm 10,8	-1,3 \pm 7,0
Z3 (%)	2,6 \pm 2,7	2,7 \pm 5,9	2,2 \pm 4,7
Z4 (%)	0,2 \pm 0,3	1,6 \pm 2,3	1,9 \pm 2,2
Z5 (%)	0,1 \pm 0,2	0,4 \pm 0,9	0,6 \pm 1,0
Zona alvo de treino			
Tempo (%)	20,6 \pm 17,6	1,8 \pm 24,0	0,7 \pm 27,6

Legenda: *M*, média. *DP*, desvio padrão. *F1-F3*, fases do programa. *TRIMP*, Training Impulse *FC*, frequência cardíaca. *bpm*, batimentos por minuto. *Z1-Z5*, zonas de treino.

A Tabela 7 apresenta as variações absolutas (Δ) dos valores dos indicadores da qualidade do treino dos participantes ao longo de cada fase: Fase Tradicional (F1), Fase Integrada (F2) e Fase Cooperativa (F3). Estes valores ajudam a ter uma melhor perceção do efeito causado por cada fase.

Os resultados mostram alterações absolutas modestas na carga média por sessão e diferenças mais marcadas no volume total entre fases. No TRIMP médio por sessão, observaram-se variações reduzidas em F2 ($\Delta = 2,6 \pm 25,0$) e ganhos ligeiramente superiores em F3 ($\Delta = 4,3 \pm 18,1$). Já no TRIMP total, a fase Integrada apresentou um aumento ($\Delta = 103,2 \pm 413,1$), enquanto a fase Cooperativa evidenciou redução face ao inicial ($\Delta = -46,0 \pm 235,6$), sugerindo menor volume acumulado em F3.

A intensidade interna medida pela FC média da parte principal manteve-se estável entre fases (F2: $\Delta = 2,0 \pm 14,6$ e F3: $\Delta = -2,2 \pm 14,9$ bpm), indicando que as sessões não se tornaram sistematicamente mais exigentes do ponto de vista cardiorrespiratório.

Na distribuição do tempo por zonas, verificou-se redução nas zonas mais baixas e incrementos nas zonas superiores em termos absolutos. Em F2 o tempo de Z1 e Z2 diminuiu ($\Delta = -1,0 \pm 10,8 \%$ e $\Delta = -0,3 \pm 10,8 \%$ de tempo), sendo que nas restantes Z3, Z4 e Z5, verificou-se um aumento ($\Delta = 2,7 \pm 5,9$, $\Delta = 1,6 \pm 2,3$ e $\Delta = 0,4 \pm 0,9$). Já na F3 o tempo em Z1 e Z2 voltou a diminuir ($\Delta = -1,9 \pm 8,1$ e $\Delta = -1,3 \pm 7,0 \%$ de tempo), o tempo em Z3 não sofreu grandes alterações relativamente à fase anterior ($\Delta = 2,2 \pm 4,7$) e o tempo em Z4 e Z5 voltou a subir ($\Delta = 1,9 \pm 2,2$ e $\Delta = 0,6 \pm 1,0 \%$ de tempo). Apesar da variação, o padrão aponta para mais tempo em intensidades moderadas a altas (Z3–Z5) em detrimento das zonas mais baixas (Z1–Z2).

Por fim, o tempo em zona-alvo apresentou pequeno aumento absoluto em F2 ($\Delta = 1,8 \pm 24,0 \%$ de tempo) e uma ligeira diminuição média em F3 ($\Delta = -0,7 \pm 27,6 \%$ de tempo).

Em síntese, as diferenças entre fases traduzem-se sobretudo em ajustes de volume e de distribuição da intensidade, mais do que em aumentos sistemáticos da intensidade interna por sessão: o TRIMP médio por sessão variou pouco, enquanto o TRIMP total subiu em F2 e desceu em F3. A FC média na parte principal manteve-se estável, reforçando essa leitura. Na distribuição por zonas, verificou-se um deslocamento do tempo para intensidades moderadas-altas (Z3–Z5), com reduções em Z1–Z2 em ambas as fases, sugerindo maior densidade de esforço sem acréscimo consistente de FC média. Por fim, o tempo em zona-alvo mostrou pequeno aumento em F2 e ligeira diminuição em F3, refletindo variação interindividual, mas um padrão global compatível com maior concentração do treino em intensidades relevantes durante a fase Integrada e redução do volume acumulado na fase Cooperativa.

Tabela 8 - Variação percentual ($\Delta\%$) dos valores dos indicadores da qualidade de treino dos participantes entre as diferentes fases do programa (Tradicional, Integrada, Cooperativa)

	Inicial M \pm DP	$\Delta\%$ F2-F1	$\Delta\%$ F3-F1
	n = 9	n = 7	n = 7
Carga de treino (TRIMP)			
TRIMP Médio por sessão Edwards	25,6 \pm 12,1	10,2 \pm 9,2	16,8 \pm 11,0
TRIMP total Edwards	288,3 \pm 219,0	35,8 \pm 42,0	-16,0 \pm 13,4
FC média parte principal da sessão			
FC (bpm)	96,8 \pm 10,1	2,1 \pm 0,3	-2,3 \pm 0,4
Tempo em zonas Z1-Z5			
Z1 (%)	18,4 \pm 7,4	-5,3 \pm 3,2	-10,3 \pm 4,6
Z2 (%)	11,4 \pm 6,0	-2,6 \pm 2,5	-11,6 \pm 7,4
Z3 (%)	2,6 \pm 2,7	103,4 \pm 147,3	84,0 \pm 109,2
Z4 (%)	0,2 \pm 0,3	877,8 \pm 1820,9	1033,3 \pm 1994,9
Z5 (%)	0,1 \pm 0,2	700,0 \pm 2346,6	983,3 \pm 3128,0
Zona alvo de treino			
Tempo (%)	20,6 \pm 17,6	8,7 \pm 9,8	3,4 \pm 4,5

Legenda: *M*, média. *DP*, desvio padrão. *F1-F3*, fases do programa. *TRIMP*, Training Impulse. *FC*, frequência cardíaca. *bpm*, batimentos por minuto. *Z1-Z5*, zonas de treino.

A Tabela 8 apresenta as variações percentuais ($\Delta\%$) dos valores dos indicadores da qualidade do treino dos participantes entre as diferentes fases: Fase Tradicional (F1), Fase Integrada (F2) e Fase Cooperativa (F3). Para além das variações absolutas, estes valores ajudam a compreender o impacto relativo de cada fase em cada indicador da qualidade do treino.

Relativamente à carga de treino, o TRIMP médio por sessão aumentou de forma moderada na fase Integrada (10,2%) e manteve essa evolução positiva na fase Cooperativa (16,8%). Já o TRIMP total registou um acréscimo expressivo em F2 (35,8%), mas diminuiu em F3 face ao valor inicial (-16,0%), sugerindo um menor volume acumulado na última fase.

A FC média na parte principal da sessão apresentou alterações residuais, com uma ligeira subida em F2 (2,1%) e uma pequena descida em F3 (-2,3%), o que indica estabilidade global da intensidade interna entre fases.

No que diz respeito à distribuição do tempo nas zonas de treino, verificaram-se reduções nas zonas de menor intensidade (Z1 e Z2) e aumentos acentuados nas zonas de maior intensidade (Z3–Z5). Em F2, observou-se uma diminuição em Z1 de 5,3% e em Z2 de 2,6%, acompanhada de aumentos expressivos em Z3 (103,4%), Z4 (877,8%) e Z5 (700,0%). Na fase Cooperativa, o padrão manteve-se de forma acentuada, com reduções adicionais em Z1 (-10,3%) e Z2 (-11,6%), e incrementos ainda mais elevados em Z3 (84,0%), Z4 (1033,3%) e Z5 (983,3%). Este comportamento demonstra um claro deslocamento da carga de treino para intensidades mais altas ao longo do programa.

Por fim, o tempo passado na zona alvo de treino apresentou um aumento moderado em F2 (8,7%), mas revelou apenas uma ligeira subida em F3 (3,4%), sugerindo alguma estabilização da carga efetiva nas intensidades desejadas.

Em síntese, as variações percentuais da qualidade do treino indicam que a fase Integrada representou um aumento relevante do volume total e da carga em intensidades mais altas, enquanto a fase Cooperativa consolidou esse padrão, ainda que com menor volume acumulado. Estes resultados sugerem uma progressiva intensificação relativa da carga, com maior concentração do esforço em zonas de intensidade moderada a elevada (Z3–Z5).

Tabela 9 - Comparações pareadas dos indicadores da qualidade do treino entre as três fases (F1-F3)

Variável	Teste	F1-F2	F1-F3	F2-F3
TRIMP Médio	<i>p</i> -value	0,658	0,725	0,613
	<i>g_av</i>	0,153	0,139	0,201
TRIMP Total	<i>p</i> -value	0,099	0,280	0,062
	<i>g_av</i>	0,623	0,449	0,865
FC Média Parte Principal	<i>p</i> -value	0,221	0,274	0,759
	<i>g_av</i>	0,517	0,391	0,121
Z1	<i>p</i> -value	0,820	0,050	0,057
	<i>g_av</i>	0,079	0,927	0,888
Z2	<i>p</i> -value	0,569	0,092	0,097
	<i>g_av</i>	0,198	0,757	0,743
Z3	<i>p</i> -value	0,046*	0,605	0,068
	<i>g_av</i>	0,788	0,206	0,839
Z4	<i>p</i> -value	0,059	0,078	0,128
	<i>r</i>	0,905	0,786	0,679
Z5	<i>p</i> -value	0,178	0,281	0,295
	<i>r</i>	0,733	0,600	0,524
Tempo em zona alvo	<i>p</i> -value	0,375	0,652	0,938
	<i>r</i>	0,429	0,200	0,071

Legenda: F1-F3, fases do programa. TRIMP, *Training Impulse* FC, frequência cardíaca. Z1-Z5, zonas de treino. * significativo quando $p < 0,05$. Comparações entre momentos realizadas com Teste t pareado (tamanhos de efeito em Hedges' *g*) ou teste de Wilcoxon (tamanhos de efeito em *r*).

Na Tabela 9 é possível observar as comparações pareadas entre os vários momentos nas variáveis referentes à saúde, de modo a identificar a sua significância estatística assim como o respetivo tamanho do efeito.

Na análise da qualidade do treino, observa-se que o TRIMP médio por sessão se manteve estável ao longo das fases, sem diferenças significativas entre pares, registando apenas efeitos pequenos ($g_{av} = 0,139$; $g_{av} = 0,201$), o que sugere consistência da carga média independentemente da estrutura de treino. Diferente foi o registo do TRIMP total, que apresentou efeitos relevantes, moderados a altos, com valores quase a apresentar significância estatística. Verificou-se um aumento do volume acumulado em F2 face a F1 ($g_{av} = 0,623$, efeito moderado), seguido de uma redução marcada em F3 relativamente a F2 ($g_{av} = 0,865$, efeito grande; $p = 0,062$). Esta evolução confirma que a reorganização das fases impactou sobretudo o volume total de treino, e não tanto a intensidade média por sessão.

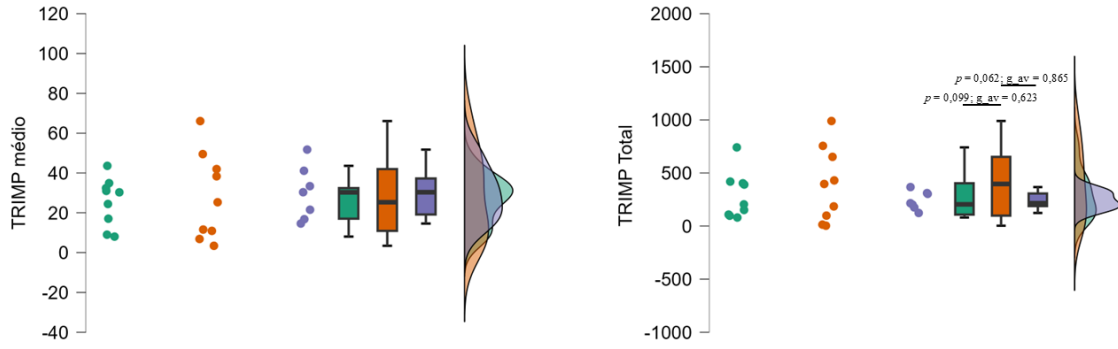
A FC média da parte principal também não apresentou diferenças significativas, embora se tenha registrado um efeito moderado em F1–F2 ($g_{av} = 0,517$), traduzindo uma ligeira elevação da intensidade interna inicial que não se manteve nas fases seguintes. Já na distribuição do tempo em zonas de intensidade, os resultados foram mais expressivos. O tempo em zona 1 apresentou reduções claras, sobretudo em F1–F3 ($p = 0,050$; $g_{av} = 0,927$, efeito grande) e F2–F3 ($p = 0,057$; $g_{av} = 0,888$, efeito grande), sugerindo uma diminuição sustentada do tempo em baixa intensidade. O mesmo padrão ocorreu em Z2, onde apesar da ausência de significância se observaram efeitos moderados a grandes (F1-F3, $g_{av} = 0,757$; $g_{av} = 0,743$, F2–F3), indicando menor permanência em intensidades baixas-moderadas.

Em contraste, Z3 revelou um aumento significativo entre F1–F2 ($p = 0,046$; $g_{av} = 0,788$, moderado a grande), refletindo uma maior concentração do tempo em intensidade moderada-alta logo após a fase Tradicional. Nas zonas 4 e 5, não se verificaram diferenças significativas, mas os tamanhos de efeito foram grandes em todas as comparações, sugerindo uma tendência clara de aumento do tempo em intensidades elevadas e muito elevadas, ainda que a heterogeneidade da amostra tenha limitado a significância estatística. Por fim, o tempo em zona-alvo manteve-se estável, com valores de r entre 0,071 e 0,429, ou seja, efeitos de magnitude pequena a moderada, sem alterações estatisticamente relevantes.

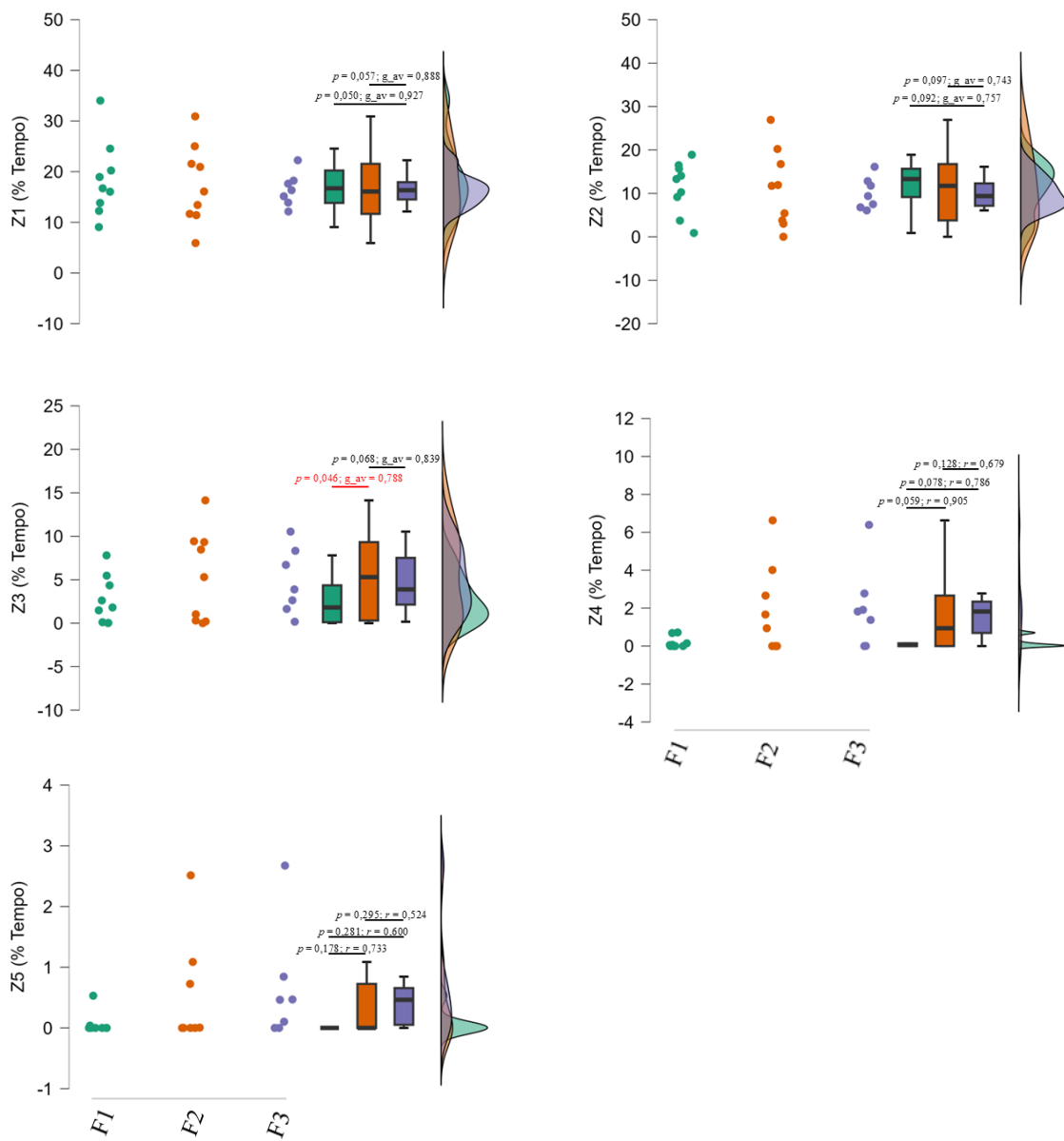
Em síntese, os resultados indicam que a intensidade do treino não se alterou de forma significativa em termos de carga média ou FC, mas que houve uma redistribuição acentuada do tempo para zonas de maior intensidade. Esta evolução ficou marcada pela redução de Z1 e Z2 e pelo aumento progressivo de Z3 a Z5, com significância estatística em Z3 e tamanhos de efeito grandes a muito grandes nas restantes zonas, sugerindo que o programa conduziu a uma maior densificação do esforço, mantendo contudo a intensidade interna global sob controle.

Carga de Treino

- F1
- F2
- F3



Zonas de Treino



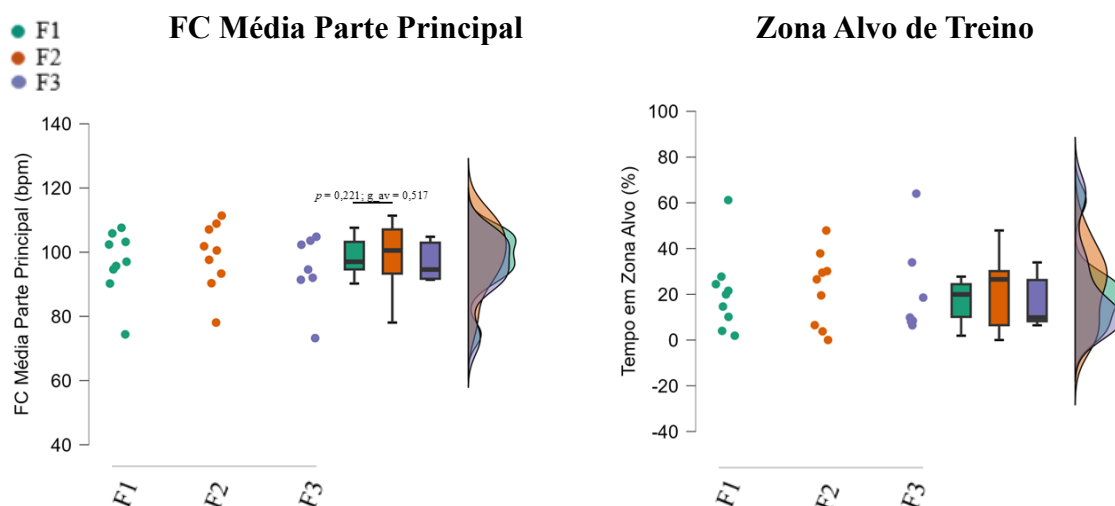


Figura 2 - Comparação dos indicadores da qualidade do treino entre as três fases (F1-F3)

Legenda: Cada gráfico apresenta três grafismos diferentes com a evolução de cada variável da qualidade do treino ao longo das três fases (Tradicional, Integrada e Cooperativa). Comparações entre momentos realizadas com Teste t pareado (tamanhos de efeito em Hedges'g) ou teste de Wilcoxon (tamanhos de efeito em r). Nível de significância considerado quando $p < 0,05$ (destacados com cor vermelha).

A Figura 2 apresenta a evolução da qualidade do treino dos participantes ao longo das três fases: Fase Tradicional (F1, verde); Fase Integrada (F2, laranja); Fase Cooperativa (F3, roxa). Os gráficos permitem observar, de forma complementar, tanto a variação individual, nos jitter plots, como as tendências centrais e dispersão dos grupos, nos diagramas de caixa, bem como a distribuição contínua dos valores em cada fase, nos gráficos de densidade. Esta representação integrada facilita a interpretação da progressão dos indicadores de treino, permitindo identificar diferenças estatisticamente significativas e a magnitude dos efeitos observados entre fases.

Nos gráficos relativos ao TRIMP médio por sessão, os Jitter plots mostram uma dispersão relativamente estável entre os participantes ao longo das fases, com ligeiro deslocamento ascendente após a fase Integrada. Os diagramas de caixa confirmam este padrão, com medianas ligeiramente superiores em F2 e F3, embora sem variações expressivas. Os gráficos de densidade sugerem uma distribuição que se mantém próxima dos valores iniciais, mas com tendência para uma maior concentração em níveis mais elevados após a fase final. Este comportamento indica que a carga relativa por sessão se manteve estável, com tendência moderada de progressão, refletindo adaptação fisiológica controlada.

Já no TRIMP total, os Jitter plots revelam maior dispersão individual, principalmente durante a fase Integrada, onde alguns participantes atingiram volumes acumulados substancialmente superiores. Os boxplots confirmam este aumento da mediana em F2, seguido de uma descida acentuada em F3. Os gráficos de densidade reforçam esse padrão, mostrando um deslocamento da distribuição para valores mais altos na fase integrada e regressão posterior. Este comportamento sugere que, embora o volume global tenha sido incrementado durante a fase Integrada, a fase Cooperativa foi caracterizada por menor acumulação, ainda que com manutenção da intensidade média.

Nos gráficos da FC média da parte principal da sessão, os Jitter plots apresentam oscilações discretas, mas sem tendências consistentes. Os boxplots mostram medianas próximas entre fases, com ligeira redução na fase cooperativa, enquanto os gráficos de densidade mantêm distribuições centradas em torno de valores semelhantes. Estes resultados indicam que a intensidade interna da sessão se manteve estável ao longo do programa, sem aumentos relevantes da solicitação cardiovascular, garantindo segurança na progressão do treino.

A análise do tempo em zonas de intensidade (Z1–Z5) mostra um padrão mais diferenciado. Para Z1 e Z2, os Jitter plots e boxplots revelam reduções progressivas, com medianas em declínio e distribuições deslocadas para valores mais baixos. Isto traduz a redução do tempo passado em intensidades baixas. Em contrapartida, nos gráficos de Z3, observa-se aumento acentuado na fase Integrada, confirmado pela subida da mediana nos boxplots e pela densidade deslocada para valores superiores, que se manteve de forma consistente na fase Cooperativa. Para Z4 e Z5, embora o tempo absoluto seja reduzido, os gráficos evidenciam aumentos relativos relevantes: os Jitter plots mostram maior número de participantes a atingir estas zonas, os boxplots indicam medianas superiores e as curvas de densidade deslocam-se claramente para a direita. Em termos práticos, isto demonstra uma redistribuição gradual do esforço para intensidades moderadas e altas, ou seja, mais picos entre Z3-Z5, refletindo maior densidade de treino e estímulo progressivo ao longo do programa.

Por fim, o tempo em zona-alvo de treino mostra nos Jitter plots uma dispersão individual alargada, mas sem alterações consistentes entre fases. Os boxplots apresentam medianas semelhantes ao longo do tempo, com pequenas oscilações, enquanto os gráficos de densidade mantêm distribuições centradas em valores próximos. Isto sugere que, apesar da redistribuição entre zonas de intensidade, o tempo

em zona-alvo global se manteve estável, garantindo que os participantes cumpriram a carga prescrita em termos de intensidade efetiva.

Em síntese, os gráficos dos indicadores de qualidade do treino revelam que o programa foi capaz de aumentar o estímulo em intensidades moderadas e elevadas (Z3–Z5), reduzindo o tempo em intensidades baixas (Z1–Z2), sem comprometer a segurança cardiovascular, já que a FC média se manteve estável. O volume total de treino atingiu o ponto máximo na fase Integrada, sugerindo maior acumulação de carga nessa etapa, enquanto a fase Cooperativa consolidou o estímulo em termos de intensidade, mas com menor volume acumulado. Este padrão reflete uma progressão eficaz, com ajuste equilibrado entre intensidade e volume ao longo das fases.

Tabela 10 - Adesão ao programa por fase (Tradicional vs Integrada vs Cooperativa)

	Tradicional (F1) M ± DP	Integrada (F2) M ± DP	Cooperativa (F3) M ± DP	Valor de <i>p</i>	Tamanho de efeito (η^2_p)
	n = 9	n = 9	n = 7		
Sessões (n°)	11,1 ± 4,59	11,8 ± 7,34	9,14 ± 3,39	0,014*	0,512
Duração total (min)	581,1 ± 275,66	501,7 ± 303,17	440,95 ± 166,85	0,055	0,384
Qualidade sessões (%)	95,3 ± 3,47	97,4 ± 4,04	98,37 ± 3,13	0,180	0,197

Legenda: *M*, média. *DP*, desvio padrão. *F1-F3*, Fases do programa. * significativo quando $p < 0,05$. A comparação intra grupo nos diferentes momentos foi efetuada através do teste ANOVA de medidas repetidas ou Friedman, quando não paramétrico. O tamanho do efeito é reportado como η^2_p .

A Tabela 10 apresenta a evolução de indicadores de adesão e qualidade das sessões de treino ao longo das três fases: Tradicional (F1), Integrada (F2) e Cooperativa (F3). No número de sessões realizadas, verificou-se diferença estatisticamente significativa entre fases ($p = 0,014$; $\eta^2_p = 0,512$ efeito grande). A fase Cooperativa apresentou o menor número médio de sessões ($9,14 \pm 3,39$), seguida da fase Tradicional ($11,1 \pm 4,59$) e da fase Integrada, que registou o maior valor ($11,8 \pm 7,34$).

A duração total de treino evidenciou uma tendência para redução progressiva, passando de $581,1 \pm 275,66$ minutos em F1 para $440,95 \pm 166,85$ minutos em F3. Apesar de não atingir significância estatística ($p = 0,055$), o efeito foi de magnitude grande ($\eta^2_p = 0,384$), sugerindo que a diminuição pode ter relevância prática.

Por outro lado, a qualidade das sessões manteve-se elevada em todas as fases, evoluindo de $95,3 \pm 3,47$ % em F1 para $98,37 \pm 3,13$ % em F3. As diferenças não foram estatisticamente significativas ($p = 0,180$; $\eta^2_p = 0,197$ efeito grande), embora se observe tendência para melhoria contínua.

Em termos práticos, os resultados indicam que, apesar da diminuição no número e na duração total das sessões ao longo do programa, a qualidade manteve-se consistentemente alta, com ligeiro incremento nas fases mais avançadas.

5. Discussão

O objetivo principal deste estudo consistiu em avaliar o impacto de diferentes metodologias de treino nos indicadores de saúde, capacidade funcional, qualidade de vida e qualidade do treino em doentes de baixo risco num programa de RC. Para além da aplicação de modelos de treino já reconhecidos em programas convencionais, foram introduzidos elementos inovadores de carácter dinâmico, interativo e gamificado, com o intuito de potenciar a adesão, a motivação e os resultados clínicos. De forma geral, os resultados revelaram melhorias consistentes na aptidão cardiorrespiratória, na FM e em alguns domínios da qualidade de vida, acompanhadas de adaptações relevantes na distribuição da intensidade do treino. Embora a CC tenha permanecido relativamente estável, observou-se um efeito positivo cumulativo na eficiência do esforço, evidenciado pelo aumento progressivo da capacidade funcional e pela redistribuição do tempo em intensidades moderadas a elevadas. Estes resultados sugerem que abordagens mais dinâmicas e cooperativas de treino podem representar uma alternativa eficaz aos modelos convencionais, contribuindo não apenas para ganhos físicos, mas também para uma maior motivação e adesão ao programa.

5.1. Composição Corporal

No que respeita à composição corporal, os resultados revelaram estabilidade relativa no IMC e no PC, acompanhados de uma tendência positiva na preservação da massa magra e na perda de gordura. Este padrão está em linha com a evidência de que alterações expressivas da adiposidade central são difíceis de alcançar sem défice calórico estruturado ou programas de maior duração, mesmo quando há prática regular de exercício (Ross et al., 2020).

Após a primeira fase do programa verificou-se uma estagnação geral em todas as variantes avaliadas dentro deste indicador. Já na fase Integrada, verificaram-se as primeiras tendências positivas ao nível da massa muscular e massa gorda, causadas pelo aumento de intensidade e gamificação das sessões. Chegando à fase Cooperativa, nem as sessões mais intensas causaram alterações realmente expressivas na CC. Porém, na última avaliação do programa, foi onde se registaram os melhores valores de massa muscular e massa gorda corporal. Em doentes cardíacos, preservar massa magra já representa um resultado clínico relevante, pois reduz o risco de sarcopenia,

melhoria a funcionalidade e está associado a maior capacidade de recuperação após eventos cardiovasculares (Damluji et al., 2023). Já no estudo de Kambic et al., (2022) reforçam que o treino combinado de resistência cardiorrespiratória e força resistente pode favorecer esta preservação, mesmo na ausência de grandes reduções de massa gorda.

Estes resultados refletem que estas tipologias de treinos em RC tendem a manter a CC preservando indicadores clínicos essenciais. Intervenções mais longas no tempo, coadjuvadas por intervenções dietéticas e um treino com aumento gradual do volume semanal, podem aumentar o impacto nesta vertente, embora obriguem a metodologias mais complexas e maior disponibilidade horária dos participantes (Iglesies-Grau et al., 2024; Kotewitsch et al., 2025).

5.2. Aptidão cardiorrespiratória

Quanto à aptidão cardiorrespiratória, observou-se uma evolução positiva sustentada ao longo do programa, evidenciada pela melhoria no VO_2 máx estimado e no desempenho no 6MWT. Evidências recentes mostram que aumentos no 6MWT entre 27,5 e 38,6 metros já têm relevância clínica (Igarashi et al., 2024), o que reforça o impacto positivo dos ganhos registados no presente estudo, uma vez que os participantes obtiveram valores dentro deste intervalo (mais de 30 metros), no fim do programa. Importa ainda destacar que cada incremento de 1 ml/kg/min no VO_2 máx está associado a reduções de 10–15% no risco de mortalidade cardiovascular (Kokkinos et al., 2023), o que atribui aos resultados encontrados uma relevância clínica acrescida.

Com o decorrer das fases foram sendo aplicados diferentes modelos de treino cardiovascular, partindo do mais simples até ao mais complexo. Nas fases Tradicional e Integrada, seguiram-se modelos de TCM e treino cardiovascular intercalado com força, onde foi possível verificar um ganho inicial relevante no 6MWT. Neste tipo de população era de esperar que um protocolo de TCM, supervisionado e com duração de poucas semanas, fosse suficiente para impactar positivamente a aptidão cardiorrespiratória num momento inicial.

Na fase Cooperativa, pretendia-se dar continuidade ao progresso até aí atingido, e ao que parece as novas tarefas de carácter mais lúdico e trabalho em grupo foram capazes de garantir essa progressão gradual. Nesta fase, os participantes passaram mais

tempo em intensidades moderadas a elevadas, sem aumentos desproporcionados da FC média, sugerindo uma melhor tolerância ao esforço e maior eficiência cardiorrespiratória. (Wang et al., 2022), mostra que protocolos com maior intensidade relativa, como o TIAI, tendem a gerar aumentos superiores no VO_2 máx face ao TCM em doentes com doença coronária e insuficiência cardíaca, sobretudo em intervenções de curta duração. Tudo isto é compatível com o padrão observado no presente estudo na fase mais complexa e interativa do programa quando comparado à fase inicial.

Num estudo recente, (Wang et al., 2025) reforça a ideia de que indivíduos com ou sem patologia cardiovascular, com valores mais elevados de VO_2 máx, possuem um menor risco de eventos adversos e risco de mortalidade. Em todo o programa verificou-se uma melhoria substancial neste indicador, apesar da variedade de estímulos aplicados. Isto mostra que para além de ganhos de saúde no curto prazo, este tipo de programas deverá implementar estratégias motivadoras que desafiem os pacientes de forma a manter estes ganhos a longo prazo.

5.3. Qualidade de Vida

No que se refere à qualidade de vida, verificou-se uma melhoria significativa no domínio físico do HeartQOL, acompanhada por evoluções positivas, ainda que não significativas, no domínio emocional e no EQ-5D Index. Isto sugere que o programa foi particularmente eficaz em reduzir limitações físicas percebidas e em melhorar a capacidade para atividades do quotidiano, enquanto os ganhos emocionais e de saúde global percebida, embora presentes, foram mais discretos.

Uma revisão sistemática e meta-análise de (Moreira et al., 2024) que incluiu os mesmos testes deste estudo, demonstrou que a participação em programas de RC após eventos coronários se associa a melhorias claras na qualidade de vida, particularmente na componente física, ao longo dos primeiros seis meses. Os resultados no estudo de Hua e colegas (2024), também corroboram com esta análise, onde os efeitos mais robustos do exercício físico recaem sobre a dimensão funcional, podendo ter alguns benefícios psicossociais como acréscimo.

Com o decorrer das fases do programa, de maneira mais ou menos significativa, os resultados dos questionários HeartQOL e EQ-5D Index evoluíram de maneira globalmente favorável, em momentos distintos. Enquanto os domínios do HeartQOL evidenciaram uma trajetória progressiva até ao final do programa, o EQ-5D VAS

atingiu o seu valor mais elevado após a fase Integrada, registando posteriormente uma descida no final do programa, ficando abaixo do seu valor inicial. Na fase Cooperativa, a introdução de dinâmicas coletivas e lúdicas, poderá ter contribuído para a consolidação das melhorias na qualidade de vida física e para o reforço de dimensões relacionadas com o apoio social, permitindo um maior aproveitamento e empenho nas sessões. Rashidi et al., (2025) mostrou que a participação em programas de RC é frequentemente descrita pelos doentes como uma experiência transformadora em termos de hábitos de vida, interação com pares e bem-estar emocional, destacando que o convívio, a partilha de experiências e o sentimento de pertença ao grupo são elementos centrais na melhoria da qualidade de vida física e mental.

Assim, os resultados reforçam que a RC comunitária, quando organizada de forma interdisciplinar e com momentos que combinam estrutura, apoio educativo e interação social, é capaz de produzir melhorias clinicamente relevantes na qualidade de vida, sobretudo na dimensão física, e de iniciar um trajeto de evolução positiva na esfera emocional. O facto de se observarem tendências de melhoria no HeartQOL e no EQ-5D até determinado momento, ainda que sem significância estatística, sugere que o impacto psicossocial poderá tornar-se mais evidente em seguimentos mais prolongados ou com reforço adicional de componentes específicas de suporte psicológico e social.

5.4. Força Muscular

A evolução da força muscular mostrou diferenças entre extensores e flexores do joelho. Após a fase Tradicional, verificou-se uma diminuição geral em ambos os grupos musculares, o que é coerente com o tipo de estímulo aplicado. Um treino predominantemente aeróbio e de resistência geral, com componentes de força em circuito sem ter em conta a intensidade em repetições máximas e com leve progressão de carga.

À medida que o programa avançou, particularmente na fase Integrada, o aumento da variabilidade motora e da carga total por sessão contribuiu para estabilizar a força, ainda que sem provocar melhorias expressivas. O padrão alterou-se de forma mais clara na fase Cooperativa, onde os flexores do joelho apresentaram melhoria significativa, recuperando e ultrapassando os valores iniciais. Este resultado é coerente com a natureza dos exercícios realizados nesta fase: jogos pré-desportivos,

deslocamentos multidirecionais, desacelerações e tarefas interativas que exigem elevada participação dos isquiotibiais, sobretudo em ações excêntricas e rápidas mudanças de direção. Valtueña-Gimeno et al., (2025), num estudo baseado em treino neuromuscular e funcional em RC, demonstrou melhorias na capacidade funcional e na FM, particularmente quando o treino envolve tarefas próximas das exigências do dia a dia. Esta variação do treino aplicada na última fase, com novos movimentos e diferentes estímulos, pode ter sido o principal diferencial para os resultados apresentados.

Já os extensores do joelho permaneceram relativamente estáveis ao longo das três fases, sem melhorias. Este comportamento é esperado, uma vez que os extensores necessitam de estímulos mecânicos mais específicos, nomeadamente cargas moderadas a elevadas (60–80% 1RM) e progressão semanal para apresentarem ganhos significativos. Ensaios clínicos com treino de força estruturado em doentes cardíacos mostram que apenas programas com sobrecarga bem definida induzem aumentos relevantes na força (Kambic et al., 2022). Como estas características só foram parcialmente integradas na fase Cooperativa e não de forma isolada para os extensores, os resultados observados são fisiologicamente coerentes.

Apesar de compactos, os ganhos nos flexores têm relevância clínica estando associados à estabilidade dinâmica, prevenção de quedas e melhor desempenho em tarefas como marcha rápida e subida de escadas, todas elas são competências essenciais para autonomia funcional em doentes cardíacos. Assim, a combinação de treino cooperativo, funcional e gamificado parece ter sido suficiente para melhorar seletivamente a força dos flexores, enquanto os extensores exigiriam um estímulo mais estruturado em futuras versões do programa.

5.5. Carga de Treino

A análise da carga interna permitiu compreender de forma integrada como o estímulo fisiológico foi distribuído e assimilado ao longo das três fases do programa. O TRIMP médio por sessão apresentou uma tendência ligeiramente ascendente, mantendo-se, contudo, relativamente estável entre fases. Este padrão sugere que, apesar das variações metodológicas introduzidas, nomeadamente maior variabilidade, gamificação e estímulos cooperativos, a carga interna global por sessão permaneceu

controlada, refletindo uma progressão segura e uma adaptação fisiológica positiva dos participantes.

Este comportamento é consistente com o conceito proposto por Edwards, (1993), segundo o qual a manutenção de cargas semelhantes estando associada a alterações qualitativas do estímulo, pode indicar melhoria da eficiência fisiológica e maior tolerância ao esforço sem aumento excessivo do stress cardiovascular. Estudos em contexto de exercício clínico confirmam que a estabilidade do TRIMP médio, mesmo perante aumento da complexidade ou intensidade do treino, pode ser indicativa de boa capacidade adaptativa e adequada gestão da carga interna juntamente com a individualidade de resposta apresentada (Borresen & Ian Lambert, 2009).

Quando analisado de forma acumulada por fase, o TRIMP total revelou variações um pouco distintas. Na fase Integrada, observou-se um aumento da carga total, uma vez que os doentes foram sujeitos a maiores períodos contínuos em intensidades moderadas a elevadas, promovidos por sessões focadas em alcançar e sustentar a sua zona alvo de treino. A permanência prolongada em intensidades moderadas foi um determinante do aumento da carga interna total, mesmo quando a intensidade absoluta não sofreu alterações.

Por contraste, na fase Cooperativa, o TRIMP total apresentou tendência inferior mas com redução clara da dispersão interindividual, causada pelo menor volume de treino desta fase. Este acontecimento sugere uma organização mais homogênea do impacto do treino, em que todos os participantes foram expostos a picos de maior intensidade intercalados com períodos de recuperação, independentemente das suas diferenças individuais. Isto demonstra que o contexto desta fase do programa permitiu a manutenção e consolidação das adaptações previamente alcançadas, através de uma melhor tolerância a estímulos mais intensos sem que existisse uma sobrecarga.

Assim, os resultados indicam que as alterações metodológicas não conduziram a um aumento exagerado da carga interna, mas antes a uma reorganização qualitativa do estímulo, mantendo a segurança e favorecendo adaptações fisiológicas, como já pudemos confirmar anteriormente. A utilização do TRIMP mostrou-se particularmente útil para demonstrar que é possível introduzir treinos mais dinâmicos e motivacionais, ao contrário do que é aplicado de forma tradicional, sem comprometer o controlo da carga em programas comunitários de RC.

5.6. Tempo em Zonas de Treino

Com o decorrer do programa, a distribuição do tempo passado pelos participantes em cada zona de treino, foi bastante variada mesmo com uma FC média semelhante entre fases. Num primeiro momento, o treino decorreu maioritariamente em zonas de baixa a moderada intensidade (Z1-Z2), o que está de acordo com os princípios tradicionais da RC e é reconhecido como eficaz para promover ganhos iniciais de segurança, confiança e capacidade funcional. Já na fase Integrada, observou-se maior permanência em Z3, refletindo um estímulo mais produtivo em intensidades moderadas, associado na literatura a melhorias graduais da aptidão cardiorrespiratória.

A fase Cooperativa distinguiu-se por maior tempo em zonas de alta intensidade (Z4-Z5), sem aumento significativo da FC média da sessão. Esta fase indicou maior variabilidade intra-sessão, caracterizada por picos de esforço intercalados com períodos de recuperação ativa, padrão semelhante ao observado em protocolos TIAI. Gomes-Neto et al., (2017) diz que este tipo de distribuição da intensidade, mesmo quando não formalmente estruturada como TIAI, está associada a melhorias superiores no $VO_2máx$ e na capacidade funcional quando comparada com TCM, mantendo níveis de segurança semelhantes em populações cardíacas estáveis.

A utilização de monitorização da FC em tempo real revelou-se determinante para este processo, permitindo que cada participante treinasse consistentemente dentro das zonas-alvo individuais definidas clinicamente e conseguisse focar-se no objetivo de cada sessão. A originalidade do estudo reside no facto de a progressão positiva se ter mantido mesmo em fases com tipologias de treino diferenciadas, o que reforça a relevância da monitorização constante da intensidade, através de sistemas digitais de controlo de FC para garantir segurança e eficácia clínica (Saias & Bravo, 2024). A literatura reforça que a prescrição baseada em zonas de FC e o seu acompanhamento em tempo real são estratégias eficazes para otimizar as adaptações cardiorrespiratórias sem comprometer a segurança (Gomes-Neto et al., 2017).

A componente de gamificação introduzida na fase final poderá ter desempenhado um papel facilitador neste processo, ao promover maior envolvimento e disponibilidade psicológica para atingir zonas de maior intensidade. Importa salientar que a gamificação não substituiu o controlo fisiológico do treino, mas parece ter potenciado a exposição a estímulos intensos de forma segura, contribuindo

indiretamente para os ganhos observados noutros indicadores de saúde, nomeadamente na aptidão cardiorrespiratória e na eficiência do esforço.

Em suma, estes resultados sugerem que a progressão da intensidade, sustentada por monitorização contínua da FC e aplicada num contexto motivacionalmente enriquecido, permitiu aumentar a qualidade do estímulo fisiológico sem elevar o stress cardiovascular médio. Tal abordagem reforça o valor da integração de controlo rigoroso da intensidade e estratégias comportamentais inovadoras em programas comunitários de RC.

5.7. Adesão

A adesão ao programa foi elevada de um modo global em todas as fases, apesar de a fase Cooperativa ter tido menos presenças uma vez que foi mais curta. Porém, relacionando o número de sessões realizadas, com as presenças em média dos participantes, foi a fase mais frequentada. Foi também esta a fase que apresentou maior qualidade e consistência no registo das sessões, dando um valor acrescido ao significado dos resultados atingidos. Esta fase foi importante para ajudar a aumentar a taxa de participação em programas de RC, que é condicionada por barreiras de logística, do sistema de saúde, custos, distância ao centro, entre outros (Sugiharto et al., 2023).

No presente programa, a introdução progressiva de elementos de gamificação e de treino cooperativo, desafios entre equipas, objetivos partilhados e feedback em tempo real da FC, parece ter desempenhado um papel central na manutenção da motivação, atenuando o impacto da redução do número de sessões na fase final. Desta forma, verificou-se um maior empenho sempre que os participantes compareceram. A literatura recente sobre intervenções digitais em RC mostra que o uso de tecnologias interativas, monitorização constante e componentes lúdicos pode aumentar o envolvimento dos doentes, melhorar a participação e ajudar a contornar barreiras clássicas dos modelos exclusivamente em centros de reabilitação (Wongvibulsin et al., 2021). Em paralelo, estudos sobre gamificação em doentes cardiovasculares sugerem que elementos de jogo como pontuações, competição saudável e feedback imediato, potenciam a motivação intrínseca e a adesão a programas de exercício, com efeitos benéficos na saúde e no bem-estar psicológico (Berglund et al., 2022).

Assim, os estudos sugerem que estratégias gamificadas e cooperativas podem não só mitigar diversas barreiras à adesão como também aumentar a qualidade de cada sessão realizada, posicionando este tipo de metodologia como um potencial catalisador de inovação nos programas de RC comunitária.

5.8. Implicações práticas

Os resultados deste estudo sugerem que modelos de RC baseados em dinâmicas cooperativas, interativas e gamificadas constituem uma estratégia segura e clinicamente viável. A manutenção da FC média estável entre fases, mesmo com aumento progressivo da intensidade, demonstra que é possível elevar a exigência do treino sem aumentar o stress cardiovascular, uma vantagem particularmente relevante para populações clínicas.

A progressão observada nas zonas de intensidade moderada a elevada (Z3-Z5) evidencia que, quando existe monitorização contínua e controlo rigoroso da intensidade, a intensificação do treino pode ser realizada de forma segura e bem tolerada. Este padrão reforça a utilidade de sistemas de acompanhamento em tempo real para ajustar o estímulo ao perfil individual.

Para além disso, o carácter acessível e de baixo custo deste tipo de abordagem, aplicável em contextos comunitários com recursos limitados, representa uma oportunidade para expandir o alcance da RC. A integração de elementos motivacionais e colaborativos pode ainda contribuir para maior envolvimento dos participantes, oferecendo um caminho promissor para melhorar a adesão, eficácia e sustentabilidade dos programas ao longo do tempo.

Desta forma, os resultados deste programa oferecem um modelo replicável que pode apoiar a expansão da RC para contextos comunitários, aumentando a proximidade aos doentes e reduzindo desigualdades no acesso.

5.9. Limitações do Estudo e Direções de Investigação

Apesar dos resultados promissores e da relevância clínica observada, a interpretação dos mesmos deve considerar as limitações inerentes a um programa piloto implementado em contexto real de comunidade. Reconhecendo estas fronteiras,

o presente estudo lança os alicerces para estratégias de investigação futuras que visem mitigar estas variáveis e aprofundar o conhecimento na área.

Em primeiro lugar, o tamanho reduzido da amostra ($n = 7-9$) e o desenho quase-experimental sem grupo de controlo refletem a realidade da transição clínica entre a fase hospitalar (fase II) e a continuidade na comunidade (fase III), onde a variabilidade interindividual e a influência de fatores externos (como a medicação ou atividade física fora das sessões) são mais difíceis de isolar. Para robustecer a validade externa e a inferência causal de futuras intervenções, urge a realização de ensaios clínicos aleatorizados com amostras alargadas e a inclusão de grupos de controlo ou protocolos de comparação direta, como o TIAI.

No que concerne à avaliação fisiológica, a aptidão cardiorrespiratória foi estimada através de um teste submáximo (6MWT), uma opção pragmática e clinicamente validada para o contexto comunitário. No entanto, para futuras investigações que procurem uma interpretação mais profunda dos mecanismos ventilatórios e metabólicos, recomenda-se a utilização de ergoespirometria direta (ex.: MetaLyzer ou PNOE) para uma medição rigorosa do $VO_{2máx}$.

Relativamente à composição corporal, a estabilidade observada pode dever-se à duração moderada e frequência semanal do programa, características comuns em modelos comunitários sustentáveis. Futuros protocolos poderão mitigar esta limitação através da integração de uma componente nutricional acompanhada e da monitorização de hábitos alimentares e rotinas diárias, potenciando alterações mais significativas na massa gorda e magra. Adicionalmente, a realização de follow-ups a 3-6 meses permitiria avaliar a manutenção destes benefícios a longo prazo.

Por último, a ausência de melhorias na força dos extensores do joelho indica que o estímulo aeróbio e o circuito de força geral poderão necessitar de maior especificidade. Esta evidência abre caminho para futuras direções de investigação que incluam protocolos de força muscular estruturados, com progressão de cargas específicas (60–80% 1RM) e controlo rigoroso de todas as variáveis de treino.

Em suma, estas limitações, longe de comprometerem a validade do estudo, definem o rigor do caminho percorrido e permitem identificar com clareza as estratégias necessárias para que futuras versões deste modelo comunitário inovador continuem a elevar os padrões de eficácia, segurança e adesão na reabilitação cardíaca.

6. Conclusão

O presente estudo demonstrou que um programa comunitário de reabilitação cardíaca estruturado em três fases metodológicas distintas foi capaz de produzir melhorias clinicamente relevantes na aptidão cardiorrespiratória, na força muscular e no domínio físico da qualidade de vida. Os ganhos mais consistentes ocorreram na capacidade física e funcional, com efeitos muito grandes, e na força dos flexores do joelho, enquanto a composição corporal se manteve globalmente estável. A redistribuição progressiva do tempo para zonas de intensidade moderada a elevada, sem aumento da frequência cardíaca média, reforça a segurança da intervenção e demonstra a eficiência fisiológica do estímulo aplicado.

A fase Cooperativa destacou-se por integrar dinâmicas de gamificação e interação social, que potenciaram o envolvimento dos participantes e facilitaram a exposição a intensidades mais elevadas de forma segura. Estes resultados sugerem que abordagens inovadoras, motivacionais e tecnologicamente suportadas podem complementar e modernizar programas tradicionais de reabilitação cardíaca.

Do ponto de vista científico, o estudo contribui para a evidência emergente sobre a aplicabilidade de modelos dinâmicos e cooperativos em contexto comunitário. Na prática clínica, este modelo mostra potencial para manter o envolvimento dos participantes nas diferentes fases, ultrapassar barreiras logísticas e transformar a reabilitação cardíaca em contexto comunitário numa atividade lúdica, integradora e capacitadora, permanecendo eficaz na melhoria de indicadores clínicos, físicos e fisiológicos.

Apesar dos resultados promissores, a reduzida dimensão amostral e a ausência de grupo de controlo limitam a generalização dos resultados. Estudos futuros deverão integrar treino de força estruturado, follow-up a médio prazo e comparações diretas entre diferentes exercícios de treino, de forma a aprofundar o impacto destas abordagens.

7. Bibliografia

- Alexandre, A., Schmidt, C., Campinas, A., Gomes, C., Magalhães, S., Preza-Fernandes, J., Torres, S., & Santos, M. (2022). Clinical Determinants and Barriers to Cardiac Rehabilitation Enrollment of Patients with Heart Failure with Reduced Ejection Fraction: A Single-Center Study in Portugal. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 9(10), 344. <https://doi.org/10.3390/jcdd9100344>
- Ambrosetti, M., Abreu, A., Corrà, U., Davos, C. H., Hansen, D., Frederix, I., Iliou, M. C., Pedretti, R. F. E., Schmid, J.-P., Vigorito, C., Voller, H., Wilhelm, M., Piepoli, M. F., Bjarnason-Wehrens, B., Berger, T., Cohen-Solal, A., Cornelissen, V., Dendale, P., Doehner, W., ... Zwisler, A.-D. O. (2021). Secondary prevention through comprehensive cardiovascular rehabilitation: From knowledge to implementation. 2020 update. A position paper from the Secondary Prevention and Rehabilitation Section of the European Association of Preventive Cardiology. *European Journal of Preventive Cardiology*, 28(5), 460–495. <https://doi.org/10.1177/2047487320913379>
- Anderson, L., Oldridge, N., Thompson, D. R., Zwisler, A.-D., Rees, K., Martin, N., & Taylor, R. S. (2016). Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 67(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.10.044>
- Ansari, S., Nadar, B. G., Estêvão, M. D., Aguiar, D. R., Ejeh, J., & Khan, Z. (2025). Comparing the Outcomes of Digital and Traditional Cardiac Rehabilitation Practices: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.77757>
- Asefa, E. T., Gemmechu, T. D., A/Fogi, M. M., & Tukeni, K. N. (2025). Increase in Cardiovascular Disease Mortality in Low- and Middle-Income Countries: A Time for Action. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 35(1), 1–2. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v35i1.1>
- Banister, E. W. (1991). Modeling elite athletic performance. In J. D. MacDougall, H. A. Wenger, & H. J. Green (Eds.), *Physiological testing of elite athletes* (pp. 403–424). Human Kinetics.
- Batalik, L., Dosbaba, F., Hartman, M., Konecny, V., Batalikova, K., & Spinar, J. (2021). Long-term exercise effects after cardiac telerehabilitation in patients with coronary artery disease: 1-year follow-up results of the randomized study.

- European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 57(5).
<https://doi.org/10.23736/S1973-9087.21.06653-3>
- Batalik, L., Filakova, K., Sladeckova, M., Dosbaba, F., Su, J., & Pepera, G. (2023). The cost-effectiveness of exercise-based cardiac telerehabilitation intervention: A systematic review. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 59(2). <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.23.07773-0>
- Berglund, A., Jaarsma, T., Berglund, E., Strömberg, A., & Klompstra, L. (2022). Understanding and assessing gamification in digital healthcare interventions for patients with cardiovascular disease. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 21(6), 630–638. <https://doi.org/10.1093/eurjcn/zvac048>
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377–381.
- Borresen, J., & Ian Lambert, M. (2009). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance: *Sports Medicine*, 39(9), 779–795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
- Brown, T. M., Pack, Q. R., Aberegg, E., Brewer, L. C., Ford, Y. R., Forman, D. E., Gathright, E. C., Khadanga, S., Ozemek, C., Thomas, R. J., & on behalf of the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology; Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health; and Council on Quality of Care and Outcomes Research. (2024). Core Components of Cardiac Rehabilitation Programs: 2024 Update: A Scientific Statement From the American Heart Association and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation*, 150(18). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001289>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>

- Conrad, N., Molenberghs, G., Verbeke, G., Zaccardi, F., Lawson, C., Friday, J. M., Su, H., Jhund, P. S., Sattar, N., Rahimi, K., Cleland, J. G., Khunti, K., Budts, W., & McMurray, J. J. V. (2024). Trends in cardiovascular disease incidence among 22 million people in the UK over 20 years: Population based study. *BMJ*, e078523. <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-078523>
- Cugelman, B. (2013). Gamification: What It Is and Why It Matters to Digital Health Behavior Change Developers. *JMIR Serious Games*, 1(1), e3. <https://doi.org/10.2196/games.3139>
- Damluji, A. A., Alfaraidhy, M., AlHajri, N., Rohant, N. N., Kumar, M., Al Malouf, C., Bahrainy, S., Ji Kwak, M., Batchelor, W. B., Forman, D. E., Rich, M. W., Kirkpatrick, J., Krishnaswami, A., Alexander, K. P., Gerstenblith, G., Cawthon, P., deFilippi, C. R., & Goyal, P. (2023). Sarcopenia and Cardiovascular Diseases. *Circulation*, 147(20), 1534–1553. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.123.064071>
- Di Cesare, M., Perel, P., Taylor, S., Kabudula, C., Bixby, H., Gaziano, T. A., McGhie, D. V., Mwangi, J., Pervan, B., Narula, J., Pineiro, D., & Pinto, F. J. (2024). The Heart of the World. *Global Heart*, 19(1), 11. <https://doi.org/10.5334/gh.1288>
- Dibben, G. O., Faulkner, J., Oldridge, N., Rees, K., Thompson, D. R., Zwisler, A.-D., & Taylor, R. S. (2023). Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: A meta-analysis. *European Heart Journal*, 44(6), 452–469. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac747>
- Dun, Y., Smith, J. R., Liu, S., & Olson, T. P. (2019). High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Clinics in Geriatric Medicine*, 35(4), 469–487. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.07.011>
- Edwards, S. (1993). The heart rate monitor book (3rd ed.). Polar Electro Oy.
- Gomes-Neto, M., Durães, A. R., Reis, H. F. C. D., Neves, V. R., Martinez, B. P., & Carvalho, V. O. (2017). High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, 24(16), 1696–1707. <https://doi.org/10.1177/2047487317728370>
- Greenhouse, S. W., & Geisser, S. (1959). On Methods in the Analysis of Profile Data. *Psychometrika*, 24(2), 95–112. <https://doi.org/10.1007/BF02289823>

- Hansen, D., Abreu, A., Ambrosetti, M., Cornelissen, V., Gevaert, A., Kemps, H., Laukkanen, J. A., Pedretti, R., Simonenko, M., Wilhelm, M., Davos, C. H., Doehner, W., Iliou, M.-C., Kränkel, N., Völler, H., & Piepoli, M. (2022). Exercise intensity assessment and prescription in cardiovascular rehabilitation and beyond: Why and how: a position statement from the Secondary Prevention and Rehabilitation Section of the European Association of Preventive Cardiology. *European Journal of Preventive Cardiology*, 29(1), 230–245. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwab007>
- Harbi, A. S., Soh, K. L., Yubbu, P. B., & Soh, K. G. (2024). Digital health intervention in patients undergoing cardiac rehabilitation: Systematic review and meta-analysis. *F1000Research*, 13, 596. <https://doi.org/10.12688/f1000research.152315.1>
- Hua, C., Huang, W., Chen, Z., Cao, D., Jia, J., Chen, X., Yang, J., & Zhang, L. (2024). Effects of exercise based cardiac rehabilitation delivery modes on chronic heart failure: A systematic review and network meta-analysis. *Scientific Reports*, 14(1), 31246. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82608-z>
- Igarashi, T., Miyata, K., Tamura, S., Otani, T., Iizuka, T., & Usuda, S. (2024). Minimal clinically important difference in 6-minute walk distance estimated by multiple methods in inpatients with subacute cardiovascular disease. *Physiotherapy Theory and Practice*, 40(9), 1981–1989. <https://doi.org/10.1080/09593985.2023.2232014>
- Iglesies-Grau, J., Dionne, V., Latour, É., Gayda, M., Besnier, F., Gagnon, D., Debray, A., Gagnon, C., Tessier, A.-J., Paradis, A., Klai, C., Martin, N., Pelletier, V., Simard, F., Nigam, A., L'Allier, P. L., Juneau, M., Bouabdallaoui, N., & Bherer, L. (2024). Cardiac Rehabilitation for Prediabetes and Metabolic Syndrome Remission: Impact of Ultraprocessed Food–Intake Reduction and Time-Restricted Eating in the DIABEPIC-1 Study. *CJC Open*, 6(11), 1411–1421. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2024.07.018>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Jacobsson, R. J., Oikarinen, A., Krogell, J., & Kankkunen, P. (2024). Group-based cardiac telerehabilitation interventions and health outcomes in coronary patients: A scoping review. *Clinical Rehabilitation*, 38(2), 184–201. <https://doi.org/10.1177/02692155231202855>

- Kambic, T., Šarabon, N., Hadžić, V., & Lainscak, M. (2022). Effects of high- and low-load resistance training in patients with coronary artery disease: A randomized controlled clinical trial. *European Journal of Preventive Cardiology*, *29*(15), e338–e342. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwac063>
- Kambic, T., Šarabon, N., Lainscak, M., & Hadžić, V. (2022). Combined resistance training with aerobic training improves physical performance in patients with coronary artery disease: A secondary analysis of a randomized controlled clinical trial. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, *9*, 909385. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.909385>
- Khalafi, M., Sakhaei, M. H., Kazeminasab, F., Rosenkranz, S. K., & Symonds, M. E. (2023). Exercise training, dietary intervention, or combined interventions and their effects on lipid profiles in adults with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, *33*(9), 1662–1683. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2023.05.024>
- Kirkman, D. L., Lee, D., & Carbone, S. (2022). Resistance exercise for cardiac rehabilitation. *Progress in Cardiovascular Diseases*, *70*, 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2022.01.004>
- Kokkinos, P., Faselis, C., Samuel, I. B. H., Lavie, C. J., Zhang, J., Vargas, J. D., Pittaras, A., Doumas, M., Karasik, P., Moore, H., Heimal, M., & Myers, J. (2023). Changes in Cardiorespiratory Fitness and Survival in Patients With or Without Cardiovascular Disease. *Journal of the American College of Cardiology*, *81*(12), 1137–1147. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.01.027>
- Kotewitsch, M., Scharnagl, H., Köstler, D., Teschler, M., Garbsch, R., Schäfer, H., Waranski, M., Vereckei, K., Böll, G., Kleber, M. E., Dressel, A., März, W., Schmitz, B., & Mooren, F. C. (2025). Biomarker-based risk assessment of dietary intervention in patients with coronary artery disease during cardiac rehabilitation—A quasi-experimental study. *Frontiers in Nutrition*, *12*, 1669931. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1669931>
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, *4*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Lloyd-Jones, D. M., Allen, N. B., Anderson, C. A. M., Black, T., Brewer, L. C., Foraker, R. E., Grandner, M. A., Lavretsky, H., Perak, A. M., Sharma, G., Rosamond, W.,

- & on behalf of the American Heart Association. (2022). Life's Essential 8: Updating and Enhancing the American Heart Association's Construct of Cardiovascular Health: A Presidential Advisory From the American Heart Association. *Circulation*, *146*(5). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001078>
- Ma, H., Wu, Q., Hu, K., Liu, J., Huang, Y., Liu, X., & Yang, Q. (2025). Scoping Review of Gamification in Rehabilitation Care of Adults With Chronic Illnesses. *Nursing Research*, *74*(3), 233–240. <https://doi.org/10.1097/NNR.0000000000000816>
- Martin, S. S., Aday, A. W., Almarzooq, Z. I., Anderson, C. A. M., Arora, P., Avery, C. L., Baker-Smith, C. M., Barone Gibbs, B., Beaton, A. Z., Boehme, A. K., Commodore-Mensah, Y., Currie, M. E., Elkind, M. S. V., Evenson, K. R., Generoso, G., Heard, D. G., Hiremath, S., Johansen, M. C., Kalani, R., ... on behalf of the American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. (2024). 2024 Heart Disease and Stroke Statistics: A Report of US and Global Data From the American Heart Association. *Circulation*, *149*(8). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001209>
- Mauchly, J. W. (1940). Significance Test for Sphericity of a Normal Σ -Variate Distribution. *The Annals of Mathematical Statistics*, *11*(2), 204–209. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177731915>
- Meiring, R. M., Tanimukai, K., & Bradnam, L. (2020). The Effect of Exercise-Based Cardiac Rehabilitation on Objectively Measured Physical Activity and Sedentary Behavior: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Primary Care & Community Health*, *11*, 2150132720935290. <https://doi.org/10.1177/2150132720935290>
- Mitchell, B. L., Lock, M. J., Davison, K., Parfitt, G., Buckley, J. P., & Eston, R. G. (2019). What is the effect of aerobic exercise intensity on cardiorespiratory fitness in those undergoing cardiac rehabilitation? A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *53*(21), 1341–1351. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099153>
- Moreira, J., Bravo, J., Aguiar, P., Delgado, B., Raimundo, A., & Boto, P. (2024). Physical and Mental Components of Quality of Life after a Cardiac Rehabilitation Intervention: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, *13*(18), 5576. <https://doi.org/10.3390/jcm13185576>

- Mueller, A. S., & Kim, S. M. (2025). Cardiac Rehabilitation in the Modern Era: Evidence, Equity, and Evolving Delivery Models Across the Cardiovascular Spectrum. *Journal of Clinical Medicine*, *14*(15), 5573. <https://doi.org/10.3390/jcm14155573>
- Mullen, S. P., Olson, E. A., Phillips, S. M., Szabo, A. N., Wójcicki, T. R., Mailey, E. L., Gothe, N. P., Fanning, J. T., Kramer, A. F., & McAuley, E. (2011). Measuring enjoyment of physical activity in older adults: Invariance of the physical activity enjoyment scale (paces) across groups and time. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *8*(1), 103. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-103>
- Rashidi, A., Whitehead, L., Halton, H., Munro, L., Jones, I., & Newson, L. (2025). The changes in health-related quality of life after attending cardiac rehabilitation: A qualitative systematic review of the perspective of patients living with heart disease. *PLOS ONE*, *20*(1), e0313612. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313612>
- Rawstorn, J. C., Gant, N., Direito, A., Beckmann, C., & Maddison, R. (2016). Telehealth exercise-based cardiac rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Heart*, *102*(15), 1183–1192. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-308966>
- Ross, R. M., Murthy, J. N., Wollak, I. D., & Jackson, A. S. (2010). The six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. *BMC Pulmonary Medicine*, *10*(1), 31. <https://doi.org/10.1186/1471-2466-10-31>
- Ross, R., Neeland, I. J., Yamashita, S., Shai, I., Seidell, J., Magni, P., Santos, R. D., Arsenault, B., Cuevas, A., Hu, F. B., Griffin, B. A., Zambon, A., Barter, P., Fruchart, J.-C., Eckel, R. H., Matsuzawa, Y., & Després, J.-P. (2020). Waist circumference as a vital sign in clinical practice: A Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. *Nature Reviews Endocrinology*, *16*(3), 177–189. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0310-7>
- Ruano-Ravina, A., Pena-Gil, C., Abu-Assi, E., Raposeiras, S., Van 'T Hof, A., Meindersma, E., Bossano Prescott, E. I., & González-Juanatey, J. R. (2016). Participation and adherence to cardiac rehabilitation programs. A systematic review. *International Journal of Cardiology*, *223*, 436–443. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.08.120>
- Sagar, V. A., Davies, E. J., Briscoe, S., Coats, A. J. S., Dalal, H. M., Lough, F., Rees, K., Singh, S., & Taylor, R. S. (2015). Exercise-based rehabilitation for heart failure:

- Systematic review and meta-analysis. *Open Heart*, 2(1), e000163.
<https://doi.org/10.1136/openhrt-2014-000163>
- Saias, J., & Bravo, J. (2024). Sensor-Based Real-Time Monitoring Approach for Multi-Participant Workout Intensity Management. *Electronics*, 13(18), 3687.
<https://doi.org/10.3390/electronics13183687>
- Savitzky, Abraham., & Golay, M. J. E. (1964). Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. *Analytical Chemistry*, 36(8), 1627–1639.
<https://doi.org/10.1021/ac60214a047>
- Stamatakis, E., Koemel, N. A., Biswas, R. K., Ahmadi, M. N., Allman-Farinelli, M., Trost, S. G., Inan-Eroglu, E., Del Pozo Cruz, B., Bin, Y. S., Postnova, S., Duncan, M. J., Dumuid, D., Brown, H., Maher, C., Fontana, L., Simpson, S., & Cistulli, P. A. (2025). Minimum and optimal combined variations in sleep, physical activity, and nutrition in relation to all-cause mortality risk. *BMC Medicine*, 23(1), 111.
<https://doi.org/10.1186/s12916-024-03833-x>
- Sugiharto, F., Nuraeni, A., Trisyani, Y., Melati Putri, A., & Aghnia Armansyah, N. (2023). Barriers to Participation in Cardiac Rehabilitation Among Patients with Coronary Heart Disease After Reperfusion Therapy: A Scoping Review. *Vascular Health and Risk Management*, Volume 19, 557–570.
<https://doi.org/10.2147/VHRM.S425505>
- Turk-Adawi, K., Supervia, M., Lopez-Jimenez, F., Adawi, A., Sadeghi, M., & Grace, S. L. (2021). Women-Only Cardiac Rehabilitation Delivery Around the World. *Heart, Lung and Circulation*, 30(1), 135–143.
<https://doi.org/10.1016/j.hlc.2020.01.015>
- Turk-Adawi, K., Supervia, M., Lopez-Jimenez, F., Pesah, E., Ding, R., Britto, R. R., Bjarnason-Wehrens, B., Derman, W., Abreu, A., Babu, A. S., Santos, C. A., Jong, S. K., Cuenza, L., Yeo, T. J., Scantlebury, D., Andersen, K., Gonzalez, G., Giga, V., Vulic, D., ... Grace, S. L. (2019). Cardiac Rehabilitation Availability and Density around the Globe. *EClinicalMedicine*, 13, 31–45.
<https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2019.06.007>
- Valtueña-Gimeno, N., Fabregat-Andrés, Ó., Martínez-Hurtado, I., Martínez-Olmos, F. J., Lluesma-Vidal, M., Arguisuelas, M. D., & Ferrer-Sargues, F.-J. (2025). A cardiac rehabilitation programme based on neuromuscular training improves the functional capacity of patients with acute coronary syndrome: A preliminary

- randomised controlled trial. *Physiotherapy*, 126, 101428. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2024.101428>
- Viana, M., Borges, A., Araújo, C., Rocha, A., Ribeiro, A. I., Laszczyńska, O., Dias, P., Maciel, M. J., Moreira, I., Lunet, N., & Azevedo, A. (2018). Inequalities in access to cardiac rehabilitation after an acute coronary syndrome: The EPiHeart cohort. *BMJ Open*, 8(1), e018934. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-018934>
- Visseren, F. L. J., Mach, F., Smulders, Y. M., Carballo, D., Koskinas, K. C., Bäck, M., Benetos, A., Biffi, A., Boavida, J.-M., Capodanno, D., Cosyns, B., Crawford, C., Davos, C. H., Desormais, I., Di Angelantonio, E., Franco, O. H., Halvorsen, S., Hobbs, F. D. R., Hollander, M., ... Williams, B. (2021). 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European Heart Journal*, 42(34), 3227–3337. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab484>
- Wang, C., Xing, J., Zhao, B., Wang, Y., Zhang, L., Wang, Y., Zheng, M., & Liu, G. (2022). The Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Prognosis in Heart Failure and Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiovascular Therapeutics*, 2022, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2022/4273809>
- Wang, L., Lei, J., Wang, R., & Li, K. (2023). Non-Traditional Risk Factors as Contributors to Cardiovascular Disease. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 24(5), 134. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2405134>
- Wang, L., Liu, J., Fang, H., & Wang, X. (2023). Factors associated with participation in cardiac rehabilitation in patients with acute myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Cardiology*, 46(11), 1450–1457. <https://doi.org/10.1002/clc.24130>
- Wang, Y., Xu, T., Xia, C., Song, X., Chen, Y., Weng, S., & Wang, F. (2025). Association of cardiorespiratory fitness with adverse outcomes in patients with and without atrial fibrillation: A prospective cohort study. *International Journal of Medical Sciences*, 22(11), 2830–2838. <https://doi.org/10.7150/ijms.110802>
- Wewege, M. A., Ahn, D., Yu, J., Liou, K., & Keech, A. (2018). High-Intensity Interval Training for Patients With Cardiovascular Disease—Is It Safe? A Systematic Review. *Journal of the American Heart Association*, 7(21), e009305. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.009305>
- Wongvibulsin, S., Habeos, E. E., Huynh, P. P., Xun, H., Shan, R., Porosnicu Rodriguez, K. A., Wang, J., Gandapur, Y. K., Osuji, N., Shah, L. M., Spaulding, E. M., Hung,

- G., Knowles, K., Yang, W. E., Marvel, F. A., Levin, E., Maron, D. J., Gordon, N. F., & Martin, S. S. (2021). Digital Health Interventions for Cardiac Rehabilitation: Systematic Literature Review. *Journal of Medical Internet Research*, 23(2), e18773. <https://doi.org/10.2196/18773>
- Yang, Z., Huang, H., Xu, L., Gao, Y., Zhang, C., & Wang, A. (2024). From need to action: Decoding the role of motivation in adherence to home-based cardiac rehabilitation exercise in chronic heart failure patients. *BMC Nursing*, 23(1), 913. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-02617-1>
- World Health Organization. (2025, June). *Cardiovascular diseases (CVDs)*. World Health Organization. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- World Heart Federation. (2023). *Air pollution and cardiovascular health*. World Heart Federation. <https://world-heart-federation.org/resource/air-pollution-and-cardiovascular-health/>